



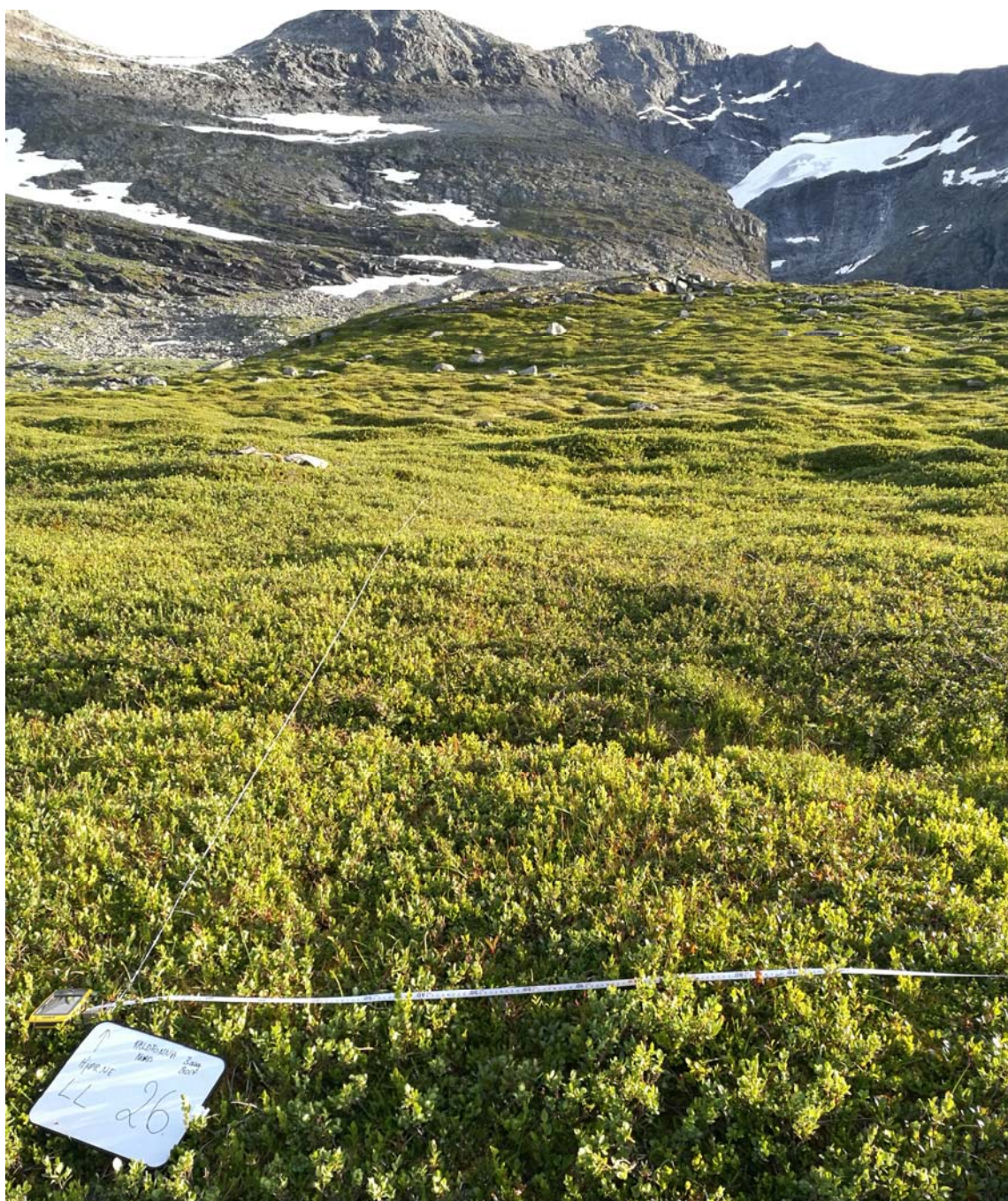
NIBIO

NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

Naturindeks – videreutvikling og styrking av datagrunnlag for fjell

Data fra overvåkningsprosjektet GLORIA Norge

NIBIO RAPPORT | VOL. 3 | NR. 157 | 2017



Sølvi Wehn og Line Johansen – NIBIO

Ketil Isaksen – Meteorologisk institutt

TITTEL/TITLE

Naturindeks – videreutvikling og styrking av datagrunnlag for fjell
Data fra overvåkningsprosjektet GLORIA NORGE

FORFATTER(E)/AUTHOR(S)

Sølvi Wehn, Line Johansen og Ketil Isaksen.

DATO/DATE:	RAPPORT NR./ REPORT NO.:	TILGJENGELIGHET/AVAILABILITY:	PROSJEKTNR./PROJECT NO.:	SAKSNR./ARCHIVE NO.:
14.12.2017	3/157/2017	Åpen	10514	17/02707
ISBN:		ISSN:	ANTALL SIDER/ NO. OF PAGES:	ANTALL VEDLEGG/ NO. OF APPENDICES:
978-82-17-02002-8		2464-1162	48	3

OPPDAGSGIVER/EMPLOYER:

Miljødirektoratet; M-896|2017

KONTAKTPERSON/CONTACT PERSON:

Else Marie Løbersli

STIKKORD/KEYWORDS:

Naturindeks, GLORIA Norge, klima, fjell

The Norwegian Nature Index, GLORIA Norway,
climate, mountain, alpine

FAGOMRÅDE/FIELD OF WORK:

Vegetasjonsøkologi, klimatologi

Vegetation ecology, climatology

SAMMENDRAG/SUMMARY:

Prosjektets mål har vært å utvikle datagrunnlaget for naturindeks for økosystem fjell.

The overriding objective of this project is to develop indicators of biodiversity in alpine ecosystems to be included in The Norwegian Nature Index.

LAND/COUNTRY:

Norge/Norway

FYLKE/COUNTY:

Møre & Romsdal, Oppland, Sør Trøndelag, Hedmark, Troms

KOMMUNE/MUNICIPALITY:

Gjemnes, Eide, Sunndal, Dovre, Oppdal, Alvdal, Skjervøy, Bardu

STED/SITE:

Stortussen/Snøtind, Kaldfonna, Kolla, Tron, Trolltind, Coalbmoaivi

GODKJENT /APPROVED

Knut Anders Hovstad

NAVN/NAME

PROSJEKTLEDER /PROJECT LEADER

Sølvi Wehn

NAVN/NAME



NIBIO

NORSK INSTITUTT FOR
BIOØKONOMI

Forord

Denne rapporten er en del av utviklingsarbeidet for å forbedre datagrunnlaget for Naturindeks for Norge.

Forskningsprosjektet «Naturindeks – videreutvikling og styrking av datagrunnlag for fjell. Data fra overvåkningsprosjektet GLORIA Norge», har som mål å utvikle datagrunnlaget for naturindeks for fjell. Ved å tilpasse data fra overvåkningsprogrammet GLORIA Norge, ønsker vi å bidra med å:

1. Mobilisere (tilgjengeliggjøre eksisterende) data på vegetasjon og mikroklima
2. Utvikle mikroklimaindikatorer
3. Utvikle vegetasjonsindikatorer som potensielle indikatorer for snøleie, leside, rabbe
4. Definere indikatorene Karplanter i snøleie, Karplanter i leside, Karplanter i rabbe
5. Definere referanseverdier for indikatorene Karplanter i snøleie, Karplanter i leside, Karplanter i rabbe

Prosjektene har vært et samarbeid mellom NIBIO v/ Sølvi Wehn og Line Johansen, og Meteorologisk institutt v/ Ketil Isaksen.

Vi vil takke Bård Pedersen, NINA og Miljødirektoratet for godt samarbeid.

Kvithamar, 1.12.2017

Sølvi Wehn

Prosjektleder

Innhold

Sammendrag	5
Summary	6
1 Innledning	7
1.1 Overvåkning – GLORIA Norge	7
1.2 Mål	8
2 Metode	9
2.1 Studieområde	9
2.2 Registrerte variabler	11
2.2.1 Vegetasjon	11
2.2.2 Klimagradianter	11
2.3 Sammenhenger mellom klimagradianter	12
2.4 Potensielle indikatorer – snøleie, leside og rabbe	13
2.4.1 Arter	13
2.4.2 Samfunnsindekser	13
2.4.3 Evalueringer	16
2.5 Nye indikatorer for karplanter i snøleie, leside og rabbe	16
2.5.1 Mål på usikkerhet	17
2.5.2 Referansetilstand	17
3 Resultater og diskusjon	18
3.1 Sammenhenger mellom klimagradianter	18
3.2 Potensielle indikatorer	19
3.2.1 Arter	19
3.2.2 Samfunnsindekser	23
4 Nye indikatorer for Naturindeks for fjell	31
4.1 Oppsummering	32
Litteratur	33
Vedlegg 1. Sammenstille dekningsdata	35
Vedlegg 2. Rank – temperatur og fuktighet	36
Vedlegg 3. Potensielle indikatorer	41

Sammendrag

Dette utviklingsprosjektet for Naturindeks for Norge har som mål å utvikle og forbedre datagrunnlaget for naturindeks for økosystem fjell. Naturindeks for fjell viser svingninger over tid, men en nedadgående trend og klimaendringer er en av de viktigste påvirkningsfaktorene for indikatorer i fjell.

GLORIA Norge har som mål å overvåke fysiske faktorer og vegetasjon på lokal skala over regionale gradienter i relasjon til forutsatte klimaendringer. I dette prosjektet har vi tilpasset data fra overvåkningsprosjektet GLORIA Norge og utviklet indikatorer for økosystem fjell i Naturindeks for Norge. Data på vegetasjon og klima er gjort tilgjengelig for prosjektet og det er utviklet mikroklimaindikatorer og vegetasjonsindikatorer. Vegetasjonsindikatorene ble utviklet som potensielle naturindeksindikatorer for snøleie, leside og rabbe. Basert på analyser av de potensielle vegetasjonsindikatorernes responser på mikroklimaindikatorene og snøleie-leside-rabbe gradienten er seks nye indikatorer utviklet for å supplere de indikatorene som til sammen definerer Naturindeks for økosystem fjell:

- Karplanter i snøleie – temperatur
- Karplanter i leside – temperatur
- Karplanter i rabbe – temperatur
- Karplanter i snøleie – fuktighet
- Karplanter i leside – fuktighet
- Karplanter i rabbe – fuktighet

I tillegg er referanseverdiene etablert og alle indikatorer etablert i naturindeksdatabasen (www.naturindeks.no).

Summary

The Norwegian Nature Index for alpine ecosystems show fluctuations over time, but there is a decreasing trend. The ongoing climate change is assessed to be one of the main drivers of these changes. At present, there is a lack in biodiversity measures based on plants in the Norwegian Nature Index for alpine ecosystems. This project aims to develop indicators of biodiversity state of plants in alpine ecosystems to be included in the Norwegian Nature Index.

The project GLORIA Norway aims to monitor physical factors as well as vegetation measures at a local scale across regional climatic gradients. Plant distribution and soil temperature data from GLORIA Norway was used to develop indicators to be included in the Norwegian Nature Index. Measures of presence/absence and abundance of plant species across the environmental gradients were used to develop potential indicators. These potential indicators were analysed in relation to the snowbed-leeside-ridge gradient and microclimate indicators developed from soil temperature data. Based on the results of these analyses we propose six indicators to be included in the Norwegian Nature Index:

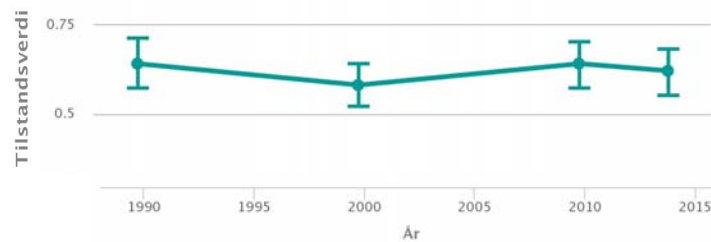
- Vascular plants in snowbed – temperature
- Vascular plants in leeside – temperature
- Vascular plants in ridge – temperature
- Vascular plants in snowbed – moisture
- Vascular plants in leeside – moisture
- Vascular plants in ridge – moisture

Values of these indicators were calculated and values of the reference state (the values that represent the ecologically sustainable state) were estimated. These values were imported to the database of the Norwegian Nature Index (www.naturindeks.no).

.

1 Innledning

Naturindeksens formål er å gi en kortfattet beskrivelse av naturens tilstand basert på et sett med indikatorer (Pedersen & Nybø 2015). Naturindeks for fjell viser svingninger over tid, men en nedadgående trend (Pedersen & Aarrestad 2015; Figur 1). Dette skyldes i hovedsak forverring i tilstand for fuglearter som utgjør over halvparten av indikatorene for fjell.



Figur 1. Naturindeks for fjell (www.naturindeks.no).

I følge Pedersen og Aarrestad (2015) er de viktigste påvirkningsfaktorene for indikatorer i fjell arealbruk, klima, fysiske inngrep og opphør av tradisjonell drift. I overgangen skog – fjell har opphør av tradisjonell bruk vist stor påvirkning på vegetasjon. Endra bruk av utmark og beiteressurser har ført til hevet skoggrense (Wehn et al. 2012b) og gjengroing av boreal hei og semi-naturlig eng (Wehn 2009; Wehn et al. 2011). Over tregrensa er det kanskje klimaendringer som har størst innvirkning på Naturindeksen. Hittil er kun små endringer i karplantesamfunn observert (Michelsen et al. 2011; Vanneste et al. 2017), men det er observert tegn på at enkelte karplanter fra lavere vegetasjonssoner er spredt til høyere soner i fjellet (Klanderud & Birks 2003; Felde et al. 2012).

Temperatur og nedbør i dag avviker noe fra klimanormalen (1960 – 1990; Figur 3) og framtidens klima forventes å bli mer ekstremt (Hanssen-Bauer 2005) og Framstad & Pedersen (2015) viser til at klima vil få særlig betydning for arter i fjellet i framtiden. Det forventes høyere temperaturer og mer nedbør, noe som vil påvirke snølengde og fuktighetsforhold i fjellet. Snølengde og uttørkingsfare har stor påvirkning på fjellvegetasjon (Wehn et al. 2014; Pedersen & Aarrestad 2015; Halvorsen et al. 2016) og plantearter som er kjennetegnende for naturtyper påvirket av lengre perioder med snødekke har vist større spredning oppover langs høydegradienten enn plantearter kjennetegnende for naturtyper påvirket av kortere snøperioder (Felde et al. 2012).

1.1 Overvåkning – GLORIA Norge

GLORIA (Global Observation Research Initiative in Alpine Environment; www.gloria.ac.at) er et verdensomspennende nettverk hvor klimaendringers effekter på fjelltopp-vegetasjon blir overvåket. Overvåkningslokaliteter har siden 2001 blitt etablert på alle kontinenter utenom Antarktis. I en stor andel av målområdene er det gjort registreringer flere ganger, og endringer i vegetasjon har blitt påvist (Gottfried et al. 2012; Pauli et al. 2012), også i det norske målområdet på Dovrefjell (Vanneste et al. 2017).

Parallelt med det verdensomspennende nettverket GLORIA er overvåkningsprogrammet GLORIA Norge etablert. GLORIA Norge har som mål å overvåke fysiske faktorer og vegetasjon på lokal skala over regionale gradienter i relasjon til forutsatte klimaendringer. GLORIA Norge ønsket å videreføre metodikken i GLORIA hvor bare fjelltopper blir overvåket, til også å omfatte overvåkning langs både regionale og lokale økokliner i Norge.

GLORIA Norge har derfor etablerte overvåkning i seks fjell langs gradienter fra kyst til innland og fra sør til nord (Wehn et al. 2016). I hvert fjell, som ligger i Midt-Norge og Nord-Norge (se Figur 2), er overvåkningsflatene etablert i flere himmelretninger, fra skog til fjelltopp og over skoggrensen, langs snøleie-leside-rabbe gradienten. Vegetasjon (alle arter av karplanter og grupper av moser og lav) er kartlagt i alle fjellene (Wehn & Holten 2010, 2011; Wehn et al. 2012a; Wehn et al. 2013; Wehn et al. 2014; Lundemo et al. 2016; Wehn et al. 2016; Wehn et al. 2017), og jordtemperatur er overvåket i fire fjell. Vegetasjon er kartlagt i 153 overvåkningsflater (100 m²) og jordtemperatur er overvåket i 120 overvåkningsflater.

Sommeren 2016 ble vegetasjonen i overvåkningsflatene i Stortussen/Snøtind rekartlagt (Wehn et al. 2017) og i 2017 ble tilsvarende rekartlegging gjennomført i Kaldfonna. Det er en målsetting at overvåkningen av vegetasjonen i hvert av de seks fjellene skal oppdateres med data hvert 7. år.

1.2 Mål

I Naturindeks for Norge et generelt behov for flere indikatorer for planter (Framstad 2015), noe data fra overvåkningsprogrammet GLORIA Norge kan bidra til. Dette utviklingsprosjektet har derfor som mål å utvikle og forbedre datagrunnlaget for naturindeks for fjell ved å etablere flere indikatorer for planter ved å tilpasse data fra GLORIA Norge. Målsettingen med prosjektet er å:

- Mobilisere data på vegetasjon og klima fra overvåkningsprosjektet GLORIA Norge som kan benyttes til å utvikle indikatorer for Naturindeks
- Utvikle indikatorer for Naturindeks innen snøleie, rabbe og leside
- Definere referansetilstanden til alle nyutviklede indikatorer

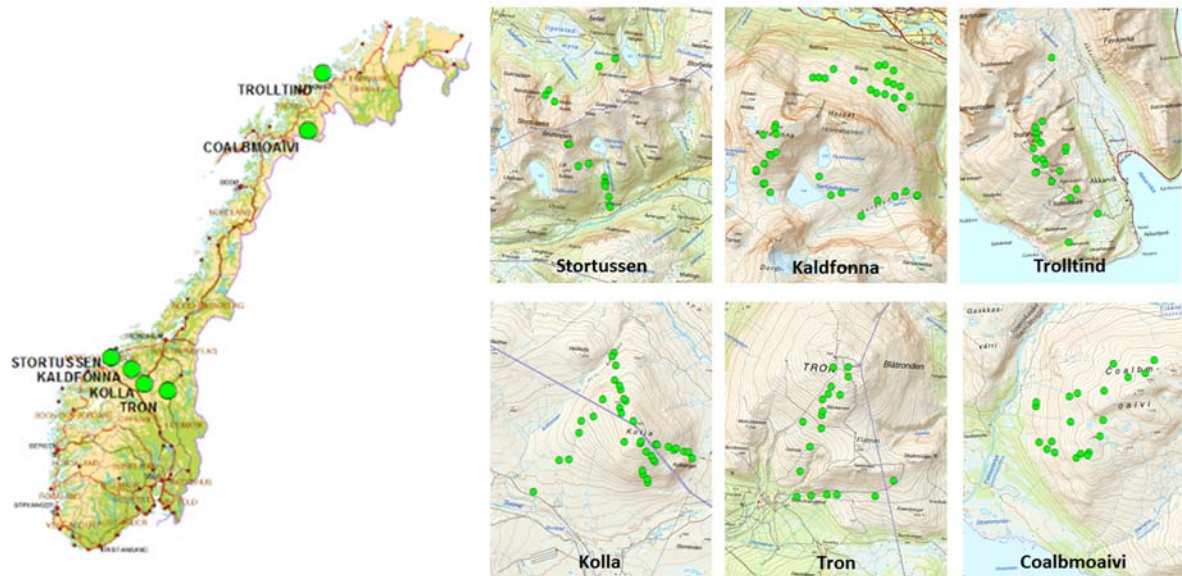
2 Metode

Følgende prosedyre ble anvendt for å utvikle indikatorer:

- 1) Mobilisere data (gjør eksisterende data tilgjengelig) på vegetasjon og klima
 - vegetasjon:
 - utbredelse og mengde av arter
 - klima:
 - makroklima: temperatur og nedbør
 - miljøgradienter: vegetasjonstyper og vegetasjonssoner
 - mikroklima: jordtemperatur
- 2) Utvikle mikroklimaindikatorer basert på jordtemperatur
 - Temperatur vekstsesong, Graddager, Temperatur vinter, Oppstart vekstsesong, Lengde vekstsesong, Fuktighet / Temperatursvingninger
- 3) Utvikle vegetasjonsindikatorer som potensielle indikatorer for snøleie, leside, rabbe basert på data på arter og deres mengde:
 - Artsindikatorer
 - Samfunnsindekser
 - Artssammensetning
 - Temperatur
 - Fuktighet
- 4) Definere indikatorene Karplanter i snøleie, Karplanter i leside, Karplanter i rabbe
 - Evaluere de potensielle NI indikatorene:
 - Analysere relasjon til miljøgradienter og mikroklima
- 5) Definere referanseverdier for indikatorene Karplanter i snøleie, Karplanter i leside, Karplanter i rabbe
 - Basert på makroklima
 - Estimere avvik fra normalen

2.1 Studieområde

Datamaterialet mobilisert og brukt til å utvikle indikatorer for snøleie, leside og rabbe, er basert på registreringer gjennomført gjennom overvåkningsprosjektet GLORIA Norge hvor vegetasjon i seks fjell har blitt kartlagt ved å etablere et utvalg av 10 x 10 meter overvåkningsflater i hvert GLORIA Norge fjell (Figur 2; Tabell 1). I Midt-Norge er fire fjell som ligger i en gradient fra kyst til innland valgt ut for å representere en bioklimatisk seksjonsgradient (klart oseaanisk - svakt kontinental); Stortussen/Snøtind, Kaldfonna, Kolla og Tron. I Nord-Norge er to fjellområder kartlagt, ett i innlandet og ett ved kysten; Trolltind og Coalbmoaivi.

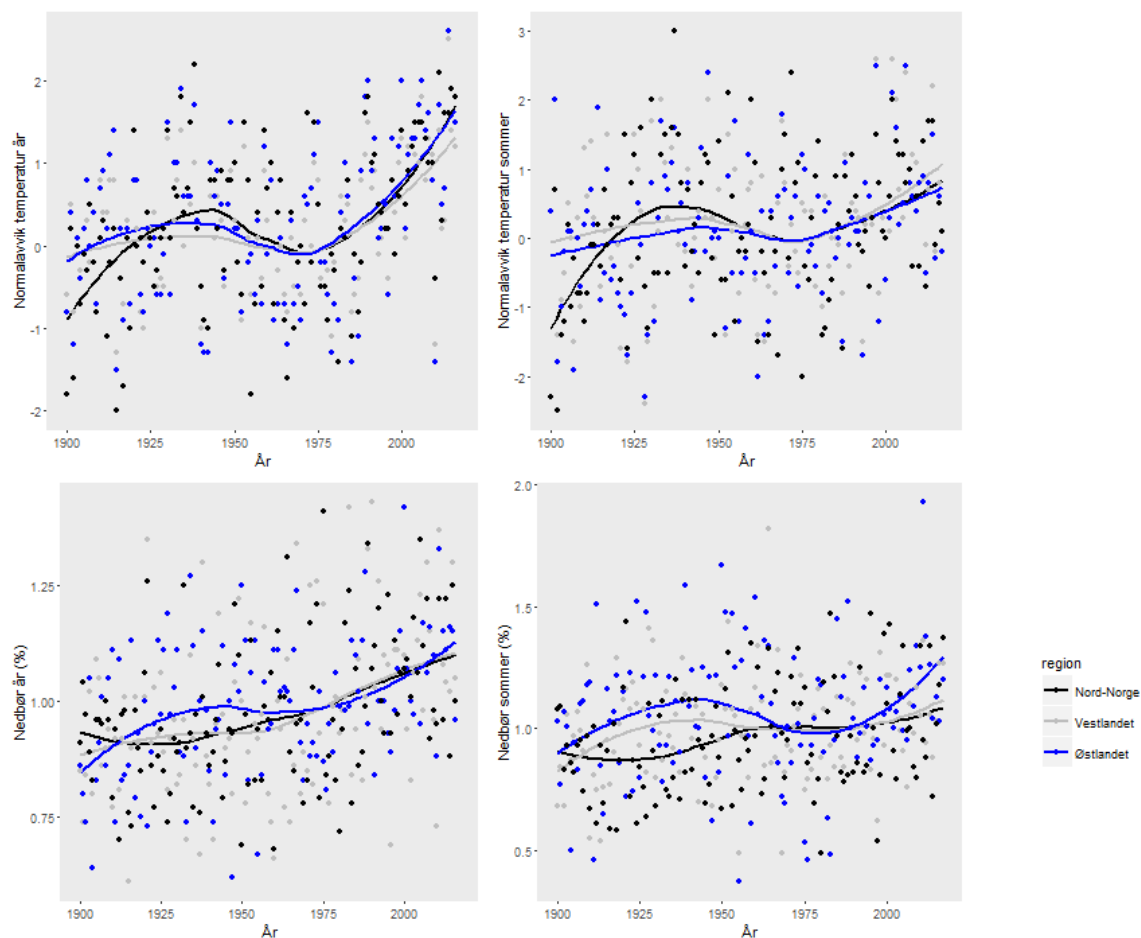


Figur 2. De seks fjellene inkludert i GLORIA Norge hvor overvåkningsflater (10 x 10 m) er etablert.

Tabell 1: Antall overvåkningsflater (10 x 10 m) med registrering av vegetasjon og/eller mikroklima i GLORIA Norge fjellene.

Fjell	Kommune(r)	Fylke(r)	Vegetasjon	Mikroklima	Vegetasjon og mikroklima
Stortussen/Snøtind	Gjemnes, Eide	Møre og Romsdal	16	35	16
Kaldfonna	Sunndal	Møre og Romsdal	40	35	35
Kolla	Dovre, Oppdal	Oppland, Sør Trøndelag	37	34	33
Tron	Alvdal	Hedmark	20	0	
Trolltind	Skjervøy	Troms	20	0	
Coalbmoaivi	Bardu	Troms	20	0	

Klimaet i de regionene hvor de seks fjellene ligger (Nord-Norge, Vestlandet og Østlandet) samvarierer i stor grad, men noen forskjeller foreligger (Figur 3; Tabell 3).



Figur 3. Klima i regioner med GLORIA Norge fjell. Avvik: °C fra normalen (1961-1990; =0). %: prosentvik avvik fra normalen (=1).

2.2 Registrerte variabler

2.2.1 Vegetasjon

Totalt antall overvåkningsflater hvor vegetasjon er kartlagt er 153. I disse 153 fattsflatene er det observert 224 karplantearter. I hver overvåkningsflate ble alle observerte karplanter registrert og deres mengde estimert. I Stortussen/Snøtind og Kaldfonna ble mengde registrert i fem mengdeklasser (1: 1-5 individer; 2: 5-20 individer; 3: 20 individer-1% dekning; 4: 1%-25% dekning; 5: >25% dekning) mens i de fire andre GLORIA Norge fjellene ble mengde estimert som prosentvis dekning. Derfor ble registreringene transformert slik at de kunne sammenlignes (se Vedlegg 1).

2.2.2 Klimagradienter

2.2.2.1 Makroklima

Klimastatistikk ble hentet fra www.yr.no (6. november 2017) for de tre regionene GLORIA Norge fjellene ligger i (Nord-Norge, Vestlandet og Østlandet). Verdiene på Gjennomsnitt temperatur, Normalavvik temperatur og Nedbør (i %) år og sommer i perioden 1900-2017 ble plottet og endringer illustrert ved å vise glidende gjennomsnitt laget ved bruk av kommandoen `geom_smooth` i R-pakken `ggplot2` versjon 2.1.0 (Wickham 2009; R Core Team 2015; Figur 3).

2.2.2.2 Miljøgradienter: Vegetasjonstype og vegetasjonssone

Gjennom overvåkningsprosjektet GLORIA Norge er det for alle overvåkningsflater i det sørlige transektet (Stortussen/Snøtind, Kaldfonna, Kolla og Tron) registrert i hvilken vegetasjonssone (nordboreal, lavalpin, mellomalpin, høyalpin) og i hvilken vegetasjonstype (skog, snøleie, leside, rabbe) overvåkningsflatene er lokalisert i. Dette er ikke gjennomført ved 1. gangs registreringene i de to nordlige GLORIA Norge fjellene, derfor vil ikke noen av analysene i dette prosjektet bli basert på dataene fra disse to fjellene. Ved rekartleggingene av disse to fjellene vil disse to variablene også bli registrert (planlagt i 2020 og 2021; Wehn et al. 2016) slik at indikatorer kan bli etablert også for de kommuner disse to fjellene ligger i.

2.2.2.3 Mikroklima

I Stortussen/Snøtind (høst 2009-høst 2012), Kaldfonna (høst 2010-høst 2014) og Kolla (høst 2009-høst 2012) har 104 jordtemperaturloggere gitt informasjon på mikroklima. Basert på denne overvåkningen av jordtemperatur har vi i dette prosjektet utviklet mikroklimaindikatorene:

- Temperatur vekstsesong
- Graddager
- Temperatur vinter
- Oppstart vekstsesong
- Lengde vekstsesong
- Fuktighet / Temperatursvingninger

Vekstsesong er definert som perioden der gjennomsnittlig jordtemperatur over fem dager er høyere enn fem grader. Graddager er varmesummen for vekstsesongen, beregnet som sum av døgntemperatur for dagene der døgntemperaturen er over 5 grader i vekstsesongen. Lengde vekstsesong er antall dager der gjennomsnittlig jordtemperatur over fem dager er høyere enn fem grader. Vinter er her tradisjonelt klimatologisk definert som perioden desember-januar-februar. Temperaturer for vekstsesong og vinter er kalkulert som gjennomsnittet. Fuktighet / temperatursvingninger er en indirekte indikator basert på standardavviket av observerte timesverdier i sommermånedene juni-juli-august. Temperatursvingningene nær bakkeoverflaten er som regel betydelig større når jorda er tørr enn når den er mettet med vann. Høye verdier tyder på lav jordfuktighet, mens lave verdier kan tyde på høyere jordfuktighet. Tidligere erfaringer har vist en god sammenheng mellom døgnamplitude i jordtemperatur og jordfuktighet om sommeren, der svingninger gjennom døgnet har vært større i tørr jord enn i fuktig/våt jord. Men det er viktig å være klar over at vegetasjon (som påvirker strålingsforhold) og jordtype også påvirker temperatursvingningene. For eksempel forventer vi forskjellig respons i de fire vegetasjonstypene skog, snøleie, leside og rabbe.

For hver overvåkningsflate hvor det også er registreringer på vegetasjon (totalt antall overvåkningsflater: 84; antall overvåkningsflater i alpine soner: 67) har vi for hver mikroklimavariabel estimert ett gjennomsnitt over alle år registreringene er utført.

2.3 Sammenhenger mellom klimagrader

Tidligere analyser har vist at artssammensetning og artsrikdom av karplanter er i stor grad påvirket av i hvilket fjell og i hvilken høyde makroflatene ligger i (Wehn et al. 2012a; Wehn et al. 2016). Her testet vi tilsvarende: om også mikroklimavariablene varierte mellom vegetasjonstyper (skog, snøleie, leside og rabbe, med spesielt fokus på de tre alpine vegetasjonstypene) og/eller vegetasjonssoner (nordboreal, lavalpin, mellomalpin og høyalpin). Vi gjennomføre log likelihood tester av lineære modeller som inkluderte fjell som en tilfeldig variabel, ved bruk av R (pakken lme4 versjon 1.1-12 (Bates et al. 2015)). Forskjellene på mikroklimavariablene mellom de alpine vegetasjonstypene ble

også testet basert på modeller som inkluderte både fjell og alpin sone som tilfeldig nøstede faktorer. Resultatene ble illustrert ved figurer på estimerte gjennomsnitt og konfidensintervall regnet ut ved bruk av R-pakken effects versjon 3.1-1 (Fox & Hong 2009).

2.4 Potensielle indikatorer – snøleie, leside og rabbe

2.4.1 Arter

Hittil har man i Naturindeks lagt vekt på å utvikle indikatorer basert på arter, med den begrunnelse at disse til en viss grad gjenspeiler genetisk mangfold og økosystemenes tilstand (Pedersen & Nybø 2015). Derfor ønsket vi i første omgang å etablere ett sett med arter som indikerer klimagrader (da spesielt snøleie-gradienten) i fjellet. Ett kriterium for at en art er anvendbar som indikator for naturindeks, er at den gir et godt nok grunnlag for å vise denne endringen. Det vil si at om en art er etablert som en potensiell indikator, men dens utbredelse er såpass avgrenset at en endring ikke kan bli tilegnet en spesiell faktor, vil arten ikke kunne brukes som en indikator. Som følge av dette, ble kun vanlige arter ansett som potensielle indikatorer. Vi definerte en vanlig art til å være en art som var observert i alle seks GLORIA Norge fjellene ($n_{\text{arter}} = 34$; se artene i Tabell 2 og 3 i Vedlegg 3).

En metodikk for å finne arter som indikerer mikroklimagrader er å kalkulere assosiasjonsindekser. En assosiasjonsindeks for en art sier noe om i hvor stor grad en art reflekterer en artssammensetning. Er indeksen for en art høy kan arten være en potensiell indikator på det ønskede miljøet man vil ha en indikator for (Cáceres et al. 2012). Basert på baseline forekomstdataene på karplanteartene og mose og lavgruppene i overvåkningsflatene i det sørlige transektet (113 10 x 10 meter plot) beregnet vi assosiasjonsindekser for skog, snøleie, leside og rabbe ved bruk av «Multilevel pattern analyses» i R-pakken indicpecies, versjon 1.7.6 (Dufrene & Legendre 1997; Cáceres et al. 2012).

En annen metodikk vi brukte, var å teste korrelasjonen mellom vegetasjonstypene og en og en av de 34 vanlige artene. Vi estimerte intra-klasse-korrelasjonskoeffisienter (ICC) mellom vegetasjonstyper og artene og vegetasjonstyper og artene ved å bruke R-pakken ICC, versjon 2.3.0 (Wolak et al. 2012). Vi definerte korrelasjonen som signifikant om variasjonen mellom klassene (vegetasjonstype og vegetasjonstype) var større enn variasjonen innad i vegetasjonstypene.

I tillegg til å analysere en og en arts assosiasjon med vegetasjonstyper analyserte vi også artenes assosiasjon med mikroklima variablene. Vi undersøkte potensielle assosiasjoner mellom mikroklima og art ved å kalkulere korrelasjonskoeffisienter og teste disse ved bruk av bootstrapping ($n_{\text{repetisjoner}} = 100$). Korrelasjonene ble kalkulert ved å bruke R-pakken rmcrr (Bakdash & Marusich 2017) ettersom den gir mulighet til å kalkulere korrelasjonskoeffisienter (point biserial korrelasjonskoeffisienter) for nøstede data. Mikroklima og artsdata er nøstet i fjell i denne analysen.

2.4.2 Samfunnsindekser

En samfunnsindeks karakteriserer artssammensetningen av et samfunn og kan sammenfattes basert på observasjoner av enkeltarter som til sammen utgjør samfunnet (Pedersen et al. 2013). I utviklingen av Naturindeksen har man sett at også samfunnsindekser (som for eksempel er utledet fra artssammensetninger) kan være vel så gyldige indikatorer. Derfor ble det også i dette prosjektet utviklet potensielle indikatorer basert på data på karplantesamfunn.

2.4.2.1 Artssammensetning

Tidligere analyser gjort i overvåkningsprosjektet GLORIA Norge har vist sammenhenger mellom artssammensetning av planter og vegetasjonstypene skog, snøleie, leside og rabbe (Wehn et al. 2014; Wehn et al. 2016). Ordinasjonsanalyser, for eksempel Detrended correspondence analysis (dca), blir brukt til å undersøke en artssammensetnings relasjon til miljø basert på data i form av mengde eller tilstedeværelse/ikke tilstedeværelse (0/1) for hver art (Ter Braak & Smilauer 2002). Resultatet av en ordinasjon viser variasjonen i datasettet i form av ordinasjonsakser, akse1 viser den miljøgradienten som gir størst

variasjon, akse2 nest største variasjonen osv. Dca akser viser variasjonen som standardavvikenheter, dvs. om avstanden mellom to overvåkningsflater er større en 4SD, er artssammensetningen i disse to overvåkningsflatene helt forskjellige. Vi foreslår derfor første og andre dca akse (dca1 og dca2) basert på to datasett: 1) mengde data og 2) 0/1 data, som potensielle indikatorer på artssammensetning i de tre alpine vegetasjonstypene.

Vi utviklet disse fire potensielle artssammensetningsindikatorer med bruk av Canoco for Windows 4.02 (Ter Braak & Smilauer 2002) og basert på 153 overvåkningsflater og 224 arter. Alternativene for detrending med segmenter, ikke-lineær reskalering av ordinasjonsaksene og ingen transformasjoner av artsdata ble valgt.

2.4.2.2 Temperatur

Ellenbergverdier (tilgjengelig via <http://www.sci.muni.cz/botany/juice/?idm=10>) gir informasjon på arters realiserte nisjer langs miljøgradienter (Ellenberg 1974). Ellenbergverdier langs temperaturgradienten (lastet ned 28. juni 2017) ble koblet mot artene i GLORIA Norge datasettet (se Tabell 2, del b og Vedlegg 2). For 54 av artene i GLORIA Norge datasettet fantes ikke informasjon i Ellenberg temperatur datasettet og for 61 av artene viser ikke Ellenberg temperatur datasettet forskjellig respons langs temperaturgradienten. Tilsammen kunne vi derfor tilegne Ellenberg temperaturverdier for 112 av arter i GLORIA Norge datasettet (dvs. 50 % av det totale datasettet).

En alternativ metodikk for å tilegne arter en termisk rank er beskrevet i Gottfried et al. (2012). Her klassifiseres artene gitt de vegetasjonssoner og belter de er utbredt i basert på europeiske data. Gottfried et al. (2012) gir en oversikt over flere av artene registret i GLORIA Norge datasettet. Men som ved Ellenbergverdiene fantes data kun for et utvalg av artene (kun for 45%). Videre, data for termisk rank fra Ellenberg og Gottfried er gitt for forhold i Europa og er ikke alltid like gyldig i Norge ettersom artene har noe ulik utbredelse langs økokliner og klima gradienter i Norge sammenlignet med resten av Europa. Grunnet dette og lavt artsdekning for Ellenberg- og Gottfrieddata ble data for norske forhold benyttet og hentet fra Norsk flora (Lid og Lid 2005). Lid og Lid (2005) baserer definisjonen på artenes utbredelse i vegetasjonssoner og belter (eller som Lid og Lid kaller det: vegetasjonsregioner) på vitenskapelige herbariebelegg fra artsfunn i Norge. I dette prosjektet brukte vi denne informasjonen gitt i Lid og Lid (2005) og tilegnet alle artene en rank j for hvilke vegetasjonsregioner de er utbredt i. Denne informasjonen var tilgjengelig for 222 av artene (99%) og ga en rangering langs høydegradienten fra nemoral sone ($j = 9$) til polarørken sone ($j = 1$; se Tabell 2, del a). De fleste arter er utbredt i flere vegetasjonsregioner, den endelige verdien på termisk rank for hver art (t_i) ble derfor kalkulert som gjennomsnittet av de verdiene den ble tilegnet (resultater vises i Vedlegg 2):

$$t_i = \sum_j^n rank$$

Basert på termisk rank (t) gitt hver karplanteart (i) basert på Lid & Lid (2005), kalkulerte vi to indikatorer på temperatur (rank temperatur) for hver overvåkningsflate. Rank temperatur 1-gjennomsnitt ble regnet ut som gjennomsnittet av termisk rank (t) for alle arter (i) registrert i overvåkningsflaten:

$$Rank\ temperatur\ 1-gjennomsnitt = \sum_i^n t / n$$

Temperatur indikator 2) ble regnet ut i henhold til metodikken beskrevet i (Gottfried et al. 2012) hvor indikatoren ble vektet med hensyn til mengde av hver art:

$$\text{Rank temperatur 1-mengde} = \sum_i^n t \times \text{mengde} / \sum_i^n \text{mengde}$$

Basert på Ellenbergverdiene kalkulerte vi tilsvarende indikatorer på temperatur for hver overvåkningsflate basert på gjennomsnittet av alle Ellenbergverdiene tilgjengelig:

$$\text{Rank temperatur 2-gjennomsnitt} = \sum_i^n \text{Ellenberg temperatur verdi} / n$$

Og basert på verdiene vektet med hensyn til mengde av hver art:

$$\text{Rank temperatur 2-mengde} = \sum_i^n t \times \text{Ellenberg temperatur verdi} / \sum_i^n \text{mengde}$$

Tabell 2. Rank (j) tilegnet hver art basert på utbredelse i a) vegetasjonsregion angitt i Norsk Flora (Lid & Lid 2005), b) rank gitt i form av Ellenberg temperaturverdier (Ellenberg 1974; Alle klasser er ikke beskrevet men 9 = middelhavsone, 5 = temperert sone og 1: alpin sone) og c) gitt i form av Ellenberg fuktighetsverdier (Ellenberg 1974; Alle klasser er ikke beskrevet men 9 = vått, 5 = fuktig og 1: tørt) og totalt antall arter (n_i) innenfor hver rank.

	Rank (j)	Antall arter (n _i)	Vegetasjonsregion
a)	9	106	Nemoral sone
	8	124	Boreonemoral sone
	7	134	Sørboreal sone
	6	152	Mellomboreal sone
	5	188	Nordboreal sone
	4	166	Lavaplin belte
	3	112	Mellomalpin belte
	2	36	Høyalpin belte
	1	4	Polarørken sone
b)	9	0	
	8	1	
	7	0	
	6	6	
	5	13	
	4	26	
	3	30	
	2	24	
	1	12	
c)	9	20	
	8	18	
	7	17	
	6	28	
	5	46	
	4	20	
	3	4	
	2	0	
	1	0	

2.4.2.3 Fuktighet

Datasettet utviklet av Ellenberg (1974) gir også informasjon om arters realiserte nisjer langs fuktighetsgradienter (Tabell 2, del c; Vedlegg 2; lastet ned 28. juni 2017). Ved å inkludere de arter som hadde Ellenbergverdier og som varierte langs fuktighetsgradienten satt vi igjen med informasjon for 153 av GLORIA Norge artene (68% av det totale datasettet). Basert på disse data ble det regnet ut to fuktighetsindikatorer for hver GLORIA Norge overvåkningsflate. En basert på gjennomsnittet av alle Ellenbergverdiene tilgjengelig:

$$\text{Rank fuktighet -gjennomsnitt} = \sum_i^n \text{Ellenberg fuktighets verdi} / n$$

og en basert på verdiene vektet med hensyn til mengde av hver art:

$$\text{Rank fuktighet -mengde} = \sum_i^n t \times \text{Ellenberg fuktighets verdi} / \sum_i^n \text{mengde}$$

2.4.3 Evalueringer

En indikator er gyldig kun om den responderer på miljøendringer (Pedersen & Nybø 2015). De forventede klimaendringer vil kunne endre naturindeks for fjell (Pedersen & Aarrestad 2015), derfor ble de etablerte potensielle indikatorene evaluert med hensyn til deres respons på klimatiske gradienter.

Vi analyserte hvordan de potensielle indikatorartene og samfunnsindeksene etablert i analysene beskrevet over, responderte på vegetasjonstype (skog, snøleie, leside, rabbe) ved bruk av generaliserte lineære modeller (GLM) med binomisk fordeling av de avhengige variablene for artene og lineære modeller (LM) for samfunnsindeksene. For alle modeller ble fjell og alpine sone (lavalpin, mellomalpin og høyalpin) inkludert som tilfeldige faktorer. Deretter analyserte vi de potensielle indikatorartenes og samfunnsindeksenens respons på hver enkelt mikroklimagradiant (Temperatur vekstsesong, Graddager, Temperatur vinter, Oppstart vekstsesong, Lengde vekstsesong, Fuktighet / Temperatursvingninger) ved bruk av GLM med binomisk fordeling for artene og LM for samfunnsindeksene. Her ble kun fjell inkludert som tilfeldig faktor. For de potensielle indikatorartene ble både lineær og unimodale responser testet. Modelleringene ble gjennomført med å bruke lme4 pakken i R og testene gjennomført med bruk av log likelihood analyser. Resultatene på forskjeller i de fire vegetasjonstypene ble illustrert grafisk med estimerte gjennomsnitt og konfidensintervall regnet ut ved bruk av R-pakken effects versjon 3.1-1. Resultatene på respons langs mikroklimagradiantene ble illustrert grafisk med kurver som viser glidende gjennomsnitt av estimatene i modellene. Estimatene ble beregnet ved bruk av kommandoen predict i R og glidende gjennomsnitt ved bruk av kommandoen geom_smooth i R-pakken ggplot2 versjon 2.1.0.

2.5 Nye indikatorer for karplanter i snøleie, leside og rabbe

Endelige indikatorer for snøleie, leside og rabbe ble bestemt basert på hvilke potensielle indikatorer som responderte på klimagradiantene undersøkt (Vegetasjonstype, Temperatur vekstsesong, Graddager, Temperatur vinter, Oppstart vekstsesong, Lengde vekstsesong og Fuktighet / Temperatursvingninger). Videre ble en korrelasjonsanalyse gjennomført for å teste samvariasjoner mellom de potensielle indikatorene; om det var høy grad av samvariasjon ble kun en potensiell indikator etablert som endelig indikator. Pearson korrelasjonskoeffisient og signifikans ble testet ved å bruke pakken R-pakken psych versjon 1.6.9 (Revelle 2016).

2.5.1 Mål på usikkerhet

For hver indikator som skal inngå i Naturindeks for Norge skal usikkerheten i målingene anslås (Pedersen et al. 2013). Usikkerheten i de foreslåtte indikatorene for fjell vil bli kalkulert basert på øvre og nedre kvartil av verdiene i alle overvåkningsflatene i hver av vegetasjonstypene i hvert fjell.

2.5.2 Referansetilstand

For å definere en referanseverdi for de valgte indikatorene (den verdi som representerer intakte økosystem i fjellet (Pedersen et al. 2013)) vil vi sette referanseverdiene til gjennomsnittlig verdi i hver av vegetasjonstypene i hvert fjell hos de valgte indikatorene i perioden 1961-1990 (perioden som betegner «klimanormalen»). Ved å kalkulere gjennomsnitt basert på verdiene på Gjennomsnitt temperatur og Nedbør (i %) år og sommer i perioden 1900 – 2017 hentet fra yr.no, ser vi at klima i tiårsperioden før 2009-2014 (da baseline dataene ble registrert) avviker noe fra normalen (Figur 3; Tabell 3).

For å estimere referansetilstander ble derfor indikatorenes verdier basert på en justering i forhold til dagens angitte verdier gitt en forflytting langs mikroklimagradiene tilsvarende de endringene observert i regionene (Tabell 3).

Tabell 3. Klimaendringer i regionene hvor GLORIA Norge fjellene ligger. Tallene viser forskjellen mellom middelverdier i normalperioden (1961-1990) og gjennom de ti årene før registreringene ble gjennomført. Temperatur er angitt i °C og Nedbør i prosenter fra normalen.

Region	Temperatur år	Nedbør år	Temperatur sommer	Nedbør sommer
Nord-Norge	1,18	0,08	0,71	0,02
Vestlandet	0,97	0,02	1,34	0,03
Østlandet	1,07	0,08	0,74	0,24

3 Resultater og diskusjon

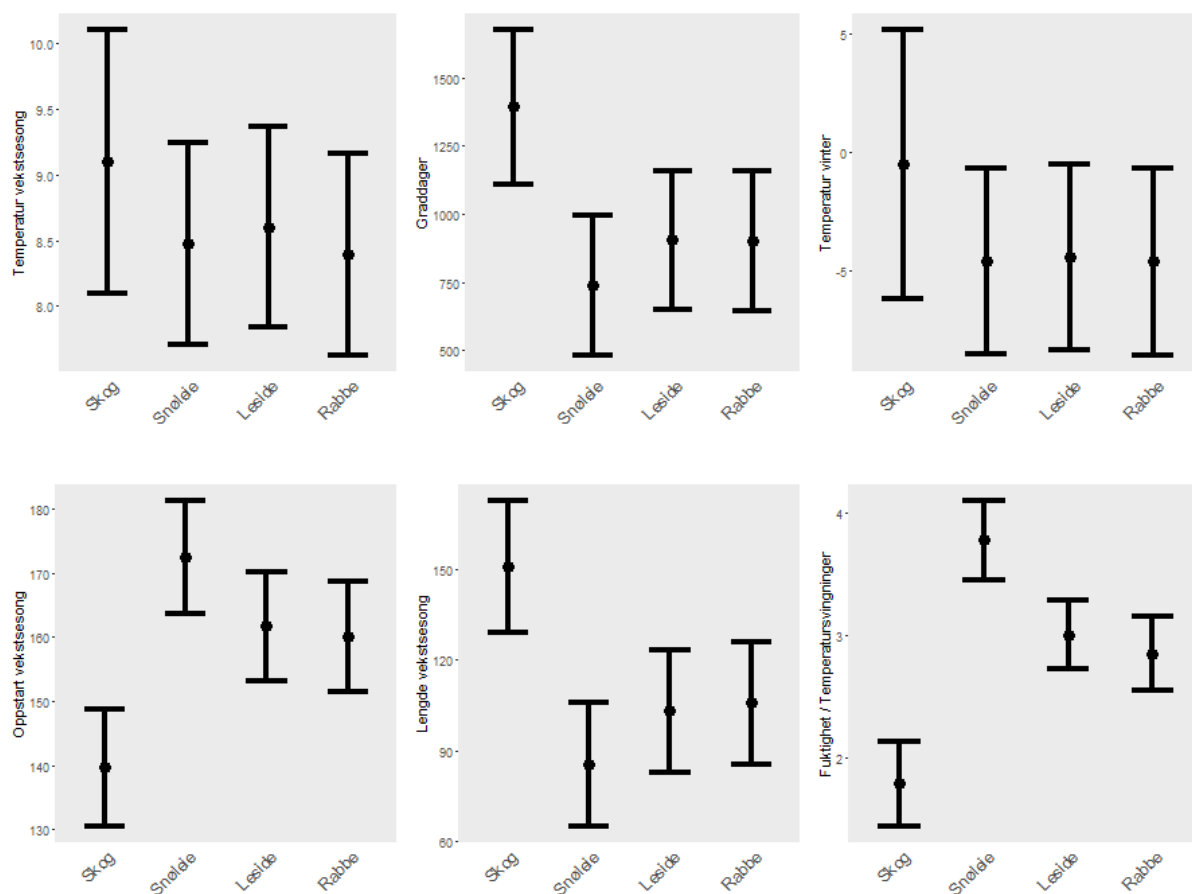
3.1 Sammenhenger mellom klimagradianter

Vi fant signifikante forskjeller i mikroklima over og under skoggrensa, mellom vegetasjonstyper og mellom alpine soner. Alle mikroklimavariablene bortsett fra gjennomsnittlig temperatur i vekstsesongen viste signifikant forskjellige verdier i overvåkningsflatene i skog sammenlignet med i overvåkningsflatene over skoggrensa (Tabell 4, del a; Figur 4). Gjennomsnittlig temperatur gjennom både vekstsesongen og vinteren var lik i de tre alpine vegetasjonstypene (Tabell 4, del c; Figur 4), mens sum temperatur gjennom sommeren (Graddager) og i oppstart og lengde av vekstsesong, samt fuktighet / temperatursvingninger gjennom sommeren viste forskjellige verdier i de tre vegetasjonstypene (Tabell 4, del c; Figur 4). Snøleie var den vegetasjonstypen over skoggrensa som skilte seg mest fra de andre to alpine vegetasjonstypene (Figur 4). Mikroklima varierte også mellom lav-, mellom- og høyalpin sone (Tabell 4, del b).

Ved å bruke Figur 4 som grunnlag kan man anta at ved økte temperaturer vil skog erstatte både snøleier, lesider og rabber. Økte temperaturer vil gi tidligere oppstart av og lengre vekstsesong, noe som kan endre mikromiljø i snøleier slik at de nærmer seg de forhold man i dag har i lesider. Det samme kan skje ved tørrere mikroklima (om svingninger i temperatur er en indikasjon på fuktforhold). Ved mer fuktige forhold derimot kan lesidenes mikromiljø nærme seg de forhold man i dag ser i snøleier.

Tabell 4. Forskjeller i mikroklima a) over og under skoggrensa, b) mellom lavalpin, mellomalpin og høyalpin sone og c) mellom snøleie, leside og rabbe. Temperatur vekstsesong: gjennomsnittlig jordtemperatur gjennom vekstsesongen. Vekstsesong: perioden der gjennomsnittlig jordtemperatur over fem dager er høyere enn 5 °C. Graddager: sum jordtemperatur gjennom vekstsesongen. Temperatur vinter: gjennomsnittlig jordtemperatur gjennom desember, januar og februar. Oppstart vekstsesong: den dagen vekstsesongen starter (1. januar = dag 1). Lengde vekstsesong: antall dager i vekstsesongen. Fuktighet / temperatursvingninger: standardavviket av observerte timesverdier av jordtemperatur gjennom juni-juli-august. Fet skrift: signifikante forskjeller. Chi square (χ^2) og p-verdi basert på log likelihood tester av lineære modeller.

Mikroklima	Skog-Alpint		Alpine vegetasjonssoner		Alpine vegetasjonstyper	
	χ^2	p	χ^2	p	χ^2	p
Temperatur vekstsesong	3,909	0,142	14,34	0,014	1,727	0,695
Graddager	56,005	<0,001	22,817	<0,001	12,928	0,002
Temperatur vinter	7,950	0,019	32,864	<0,001	0,168	0,920
Oppstart vekstsesong	40,081	<0,001	2,254	0,813	17,669	0,003
Lengde vekstsesong	67,185	<0,001	18,160	0,003	21,597	<0,001
Fuktighet / Temperatursvingninger	27,311	<0,001	2,475	0,780	16,932	<0,001



Figur 4. Mikroklima i vegetasjonstypene skog, snøleie, leside og rabbe. Mikroklimavariablene: se beskrivelser i Tabell 4 og i avsnitt 2.2.2.1. Figuren viser estimert gjennomsnitt og konfidensintervall basert på lineære modeller.

3.2 Potensielle indikatorer

3.2.1 Arter

Basert på korrelasjonstester (Bakdash & Marusich 2017) av de vanlige karplante-artene observert i alle GLORIA Norge fjell, indikatoranalyser (Dufrene & Legendre 1997) av alle arter av karplanter og grupper av moser og lav registrert i de fire sørlige GLORIA Norge fjella, fant vi signifikante assosiasjoner mellom 68 enkeltarter og vegetasjonstypene og mikroklimavariablene (Tabell 5, del a; se alle resultater i Tabell 1, del a og b i Vedlegg 3).

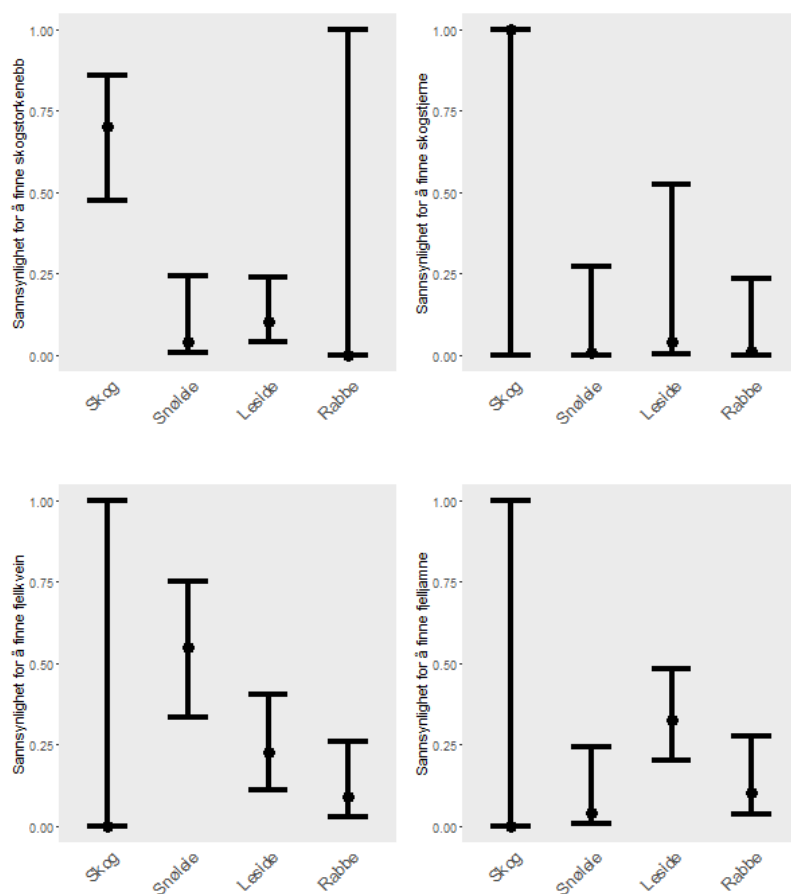
Fjellsmelle var assosiert med lavere gjennomsnittstemperaturer mens blåbær, smyle, blokkebær og gullris var assosiert med høyere gjennomsnittstemperaturer (både sommer og vinter; Figur 6). Selv om blåbær var assosiert med høye gjennomsnittstemperaturer hadde den optimal utbredelse i de lokaliteter med lavere total sum temperatur gjennom sommeren (Graddager). I lokaliteter med høy verdi på graddager, hadde skogstorkenebb, skogstjerne, sølvbunke og einer sin hovedutbredelse.

Skogstorkenebb, skogstjerne, sølvbunke og tyttebær har en fordel av tidlig vekstsesongstart og lang vekstsesong, mens rabbesiv, musøre, dverggråurt, moselyng, trefingerurt og fjellkvein (snøleieart; se Tabell 5; Figur 5, 6) har en fordel av seinere vekstsesongstart og kort vekstsesong.

Musøre, trefingerurt og dverggråurt var blant de artene som var assosiert med ustabile temperaturer som indikerer høy fuktighet. Skogstorkenebb, skogstjerne (skogsarter; se Tabell 5; Figur 5, 6), sølvbunke, tyttebær og rypebær var assosiert med mer stabile temperaturer som kan indikere mindre fuktige jordforhold.

Tabell 5. Potensielle artsindikatorer; basert på a) indikatoranalyser og b) korrelasjonstester. Mikroklimavariablene: se beskrivelser i Tabell 4 og i avsnitt 2.2.2.1. Bare de arter som er observert i alle fjell og som viste signifikante assosiasjoner eller korrelasjoner og lineære og/eller unimodale relasjon er vist (Se Tabell 1 og 2 i Vedlegg 3).

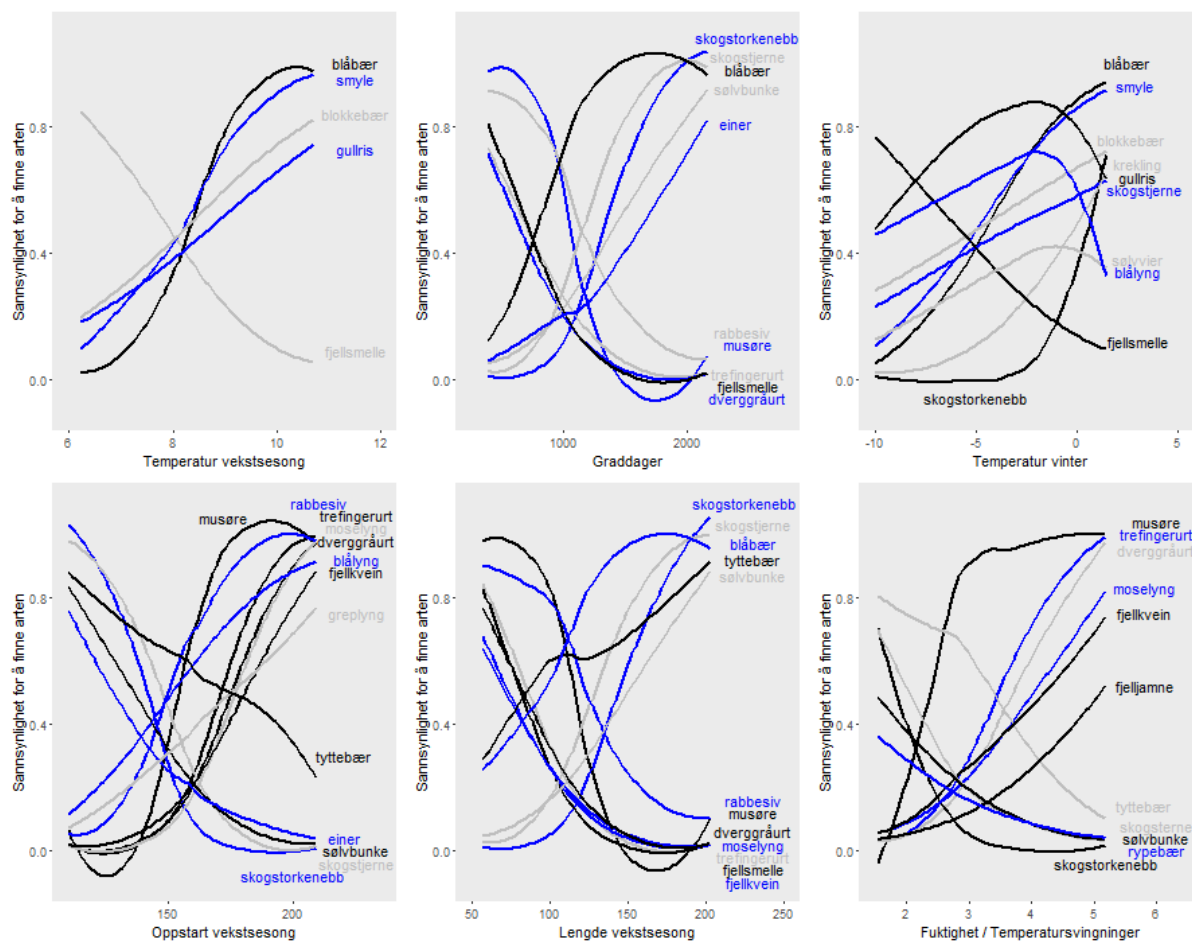
	Vegetasjonstype/Mikroklima	Arter
a)	Skog	Skogstjerne, skogstorkenebb
	Snøleie	Fjellkvein
	Leside	Fjelljamne
	Rabbe	-
b)	Vegetasjonstyper	Skogstjerne, skogstorkenebb
	Vegetasjonssoner	Blåbær, krekling, musøre, skogstjerne, skogstorkenebb
	Temperatur vekstsesong	Smyle, fjellsmelle, gullris, blåbær, blokkebær
	Graddager	Sølvbunke, skogstorkenebb, rabbesiv, einer, dverggråurt, musøre, trefingerurt, fjellsmelle, skogstjerne, blåbær
	Temperatur vinter	Smyle, krekling, skogstorkenebb, blålyng, sølvvier, fjellsmelle, gullris, skogstjerne, blåbær, blokkebær
	Oppstart vekstsesong	Fjellkvein, sølvbunke, skogstorkenebb, moselyng, rabbesiv, einer, greplyng, dverggråurt, blålyng, musøre, trefingerurt, skogstjerne, tyttebær
	Lengde vekstsesong	Fjellkvein, sølvbunke, skogstorkenebb, moselyng, rabbesiv, dverggråurt, musøre, trefingerurt, fjellsmelle, skogstjerne, blåbær, tyttebær
	Fuktighet / Temperatursvingninger	Fjellkvein, rypebær, sølvbunke, fjelljamne, skogstorkenebb, moselyng, dverggråurt, musøre, trefingerurt, skogstjerne, tyttebær,



Figur 5. Utbredelse i vegetasjonstypene skog, snøleie, leside og rabbe. Bare de arter som viste signifikante assosiasjoner (basert på korrelasjonstester og indikatoranalyser) og/eller forskjeller i de fire vegetasjonstypene er vist (se Tabell 1 og 2 i Vedlegg 3). Figuren viser estimert gjennomsnitt og konfidensintervall basert på lineære modeller.

Vi antar, basert på disse resultatene, at en temperaturøkning i fjellet vil gi tap av fjellsmelle, og en økt utbredelse av arter som blålyng, smyle, blokkebær, skogstorkenebb og skogstjerne. En tidligere oppstart av vekstsesong og økt lengde på vekstsesong vil gi en økt utbredelse av skogstorkenebb, skogstjerne og sølvbunke mens dverggråurt, trefingerurt, moselyng og fjellkvein vil bli utkonkurrert. Dersom de lokaliteter som i dag har høye temperatursvingninger i jorda få endrede miljøforhold slik at temperatursvingningene avtar, vil dette være positivt for arter som tyttebær og rypebær mens det vil være negativt for arter som musøre, trefingerurt og dverggråurt.

Få arter korrelerte med vegetasjonstypene (se Tabell 5, del b), men basert på tolkingen av Figur 5 og 6, kan vi anta at om skoggrensa kryper oppover vil også utbredelsen av skogstorkenebb og skogstjerne endres tilsvarende. Om mikroforhold i snøleier endres vil dette ha negative konsekvenser for fjellkvein, mens en endring i mikroforhold i lesider vil ha negative konsekvenser for fjelljamne.



Figur 6. Utbredelse langs mikroklimagradiene. Bare de arter som viste både signifikante assosiasjoner og lineære og/eller unimodale relasjon med klimagradiene er vist (se Tabell 1-3 i Vedlegg 3). Mikroklimavariablene: se beskrivelser i Tabell 4 og i avsnitt 2.2.2.1. Figuren viser glidende gjennomsnitt av estimat basert på lineære modeller.

Ved å oppsummere resultatene gitt analysene på karplanters respons og sammenheng med mikroklima og miljøgradienter, ser vi at fjellkvein og fjelljamne kan bli anvendt som indikatorarter for snøleie og leside. I GLORIA fjellene er disse to artene observert i totalt 41 og 29 overvåkningsflater (se Tabell 6). Dette gir et noe tynt grunnlag å basere generelle konklusjoner fra, spesielt i forhold til Naturindeks hvor man helst ønsker data på kommunenivå, dvs for hvert fjell. Videre, for å overvåke populasjonsdynamikk bør mer data være tilgjengelig enn tilstede / ikke tilstede data. Det er data tilgjengelig på mengde, men kun i grove klasser (se avsnitt 2.2.1). GLORIA Norge har også gjort registreringer i overvåkningsruter på 1 x 1 m hvor mer detaljerte undersøkelser er gjennomført (se Wehn et al. 2016), men de to artene er kun registrert i 14 og 6 overvåkningsruter (se Tabell 6). Dermed konkluderer vi med at datagrunnlaget for å bruke disse artene som indikatorarter på klimaendringer i snøleie, leside og rabbe er for tynt. Det blir derfor, i denne omgangen, ikke utviklet artsindikatorer for Naturindeks for Norge.

Ved en eventuell utvidelse av dagens GLORIA Norge anbefaler vi at disse to artene overvåkes i mer detalj. Vi anbefaler at populasjoner følges og at demografiske variabler registreres. Før dette kan settes i verk må livshistorie- og/eller størrelsesklasser defineres.

Tabell 6. Antall overvåkningsflater (10 x 10m) og -ruter (1 x 1m) de potensielle indikatorartene (fjellkvein og fjelljamne) er blitt observert i GLORIA Norge fjellene.

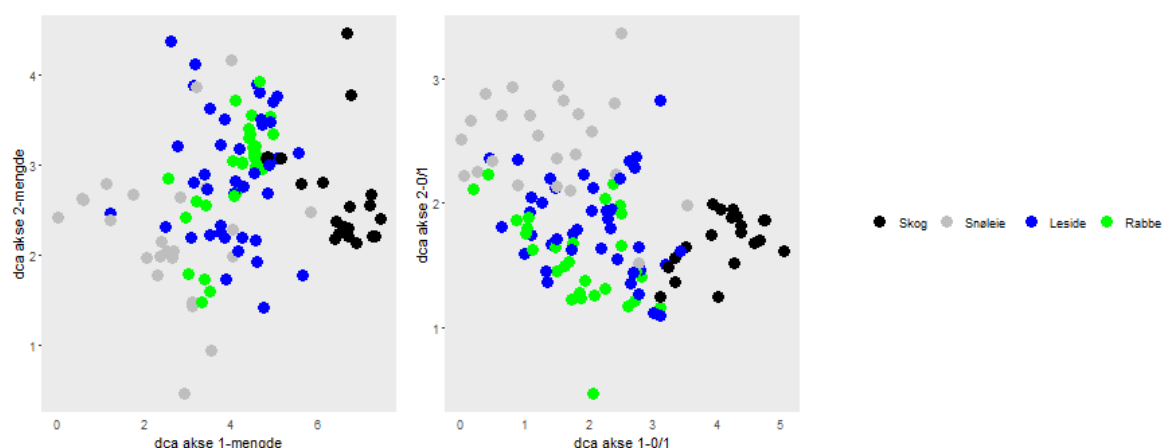
GLORIA Norge fjell	Antall overvåkningsflater (10 x 10 m)		Antall overvåkningsruter (1 x 1m)	
	fjellkvein	fjelljamne	fjellkvein	fjelljamne
Stortussen	1	1	1	4
Kaldfonna	8	5	6	2
Kolla	13	7	2	0
Tron	4	4	5	0
Coalbmoaivi	5	5	0	0
Trolltind	10	7	0	0

3.2.2 Samfunnsindekser

3.2.2.1 Artssammensetning

Artssammensetning varierer signifikant langs snøleie-leside-rabbe gradienten i GLORIA Norge fjellene (Wehn et al. 2014; Wehn et al. 2016). For å etablere en anvendbar samfunnsindeks for Naturindeks, testet vi om variasjonen langs de to første dca aksene (Figur 7) var bestemt av vegetasjonstypene skog, snøleie, leside og rabbe (Figur 8). Dca verdiene langs 1. aksene var signifikant forskjellig, både for tilstede/ikke tilstede (0/1) datasettet og mengdedatasettet. Dca verdiene langs 2. aksene derimot var kun signifikant forskjellig for 0/1 datasettet (Tabell 7).

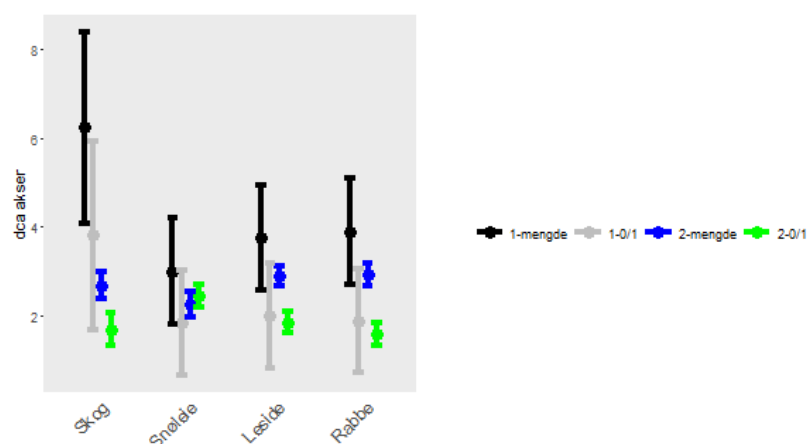
Vi testet fire potensielle artssammensetning variabler basert på dca aksene henviset til over (se mer detaljerte beskrivelser i avsnitt 2.4.2.1). Vi fant at verdiene langs 1. og 2. aksene etter dca av mengdedatasettet viste signifikante relasjoner med alle mikroklimagradiene, mens verdiene langs 1. og 2. aksene etter dca av 0/1 datasettet viste ikke like klare relasjoner for alle mikroklimavariablene (Tabell 7; Figur 9).



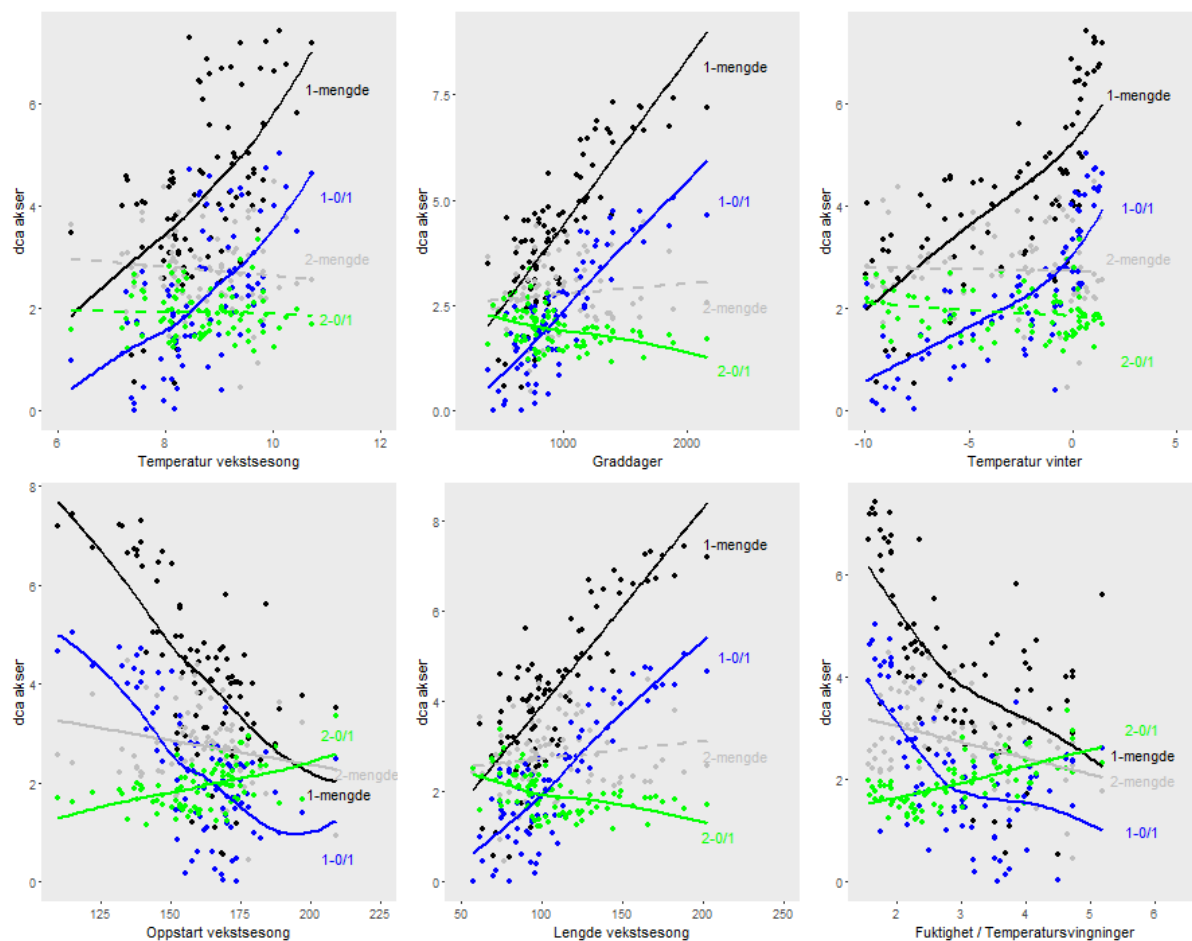
Figur 7. Verdier langs akse 1 og 2 etter detrended correspondence analysis (dca) for to datasett basert på mengde estimat og tilstede/ikke tilstede (0/1) av alle arter.

Tabell 7. Sammenhenger mellom potensielle artssammensetningsindikatorer (dca akser) og a) vegetasjonstyper og b) mikroklima. De potensielle indikatorene er akse 1 og 2 fra detrended correspondence analyses (DCA) av datasett på mengde og tilstedeværelse (0/1). Mikroklimavariablene: se beskrivelser i Tabell 4 og i avsnitt 2.2.2.1. Fet skrift: signifikante sammenhenger. Chi square (χ^2) og p-verdi basert på log likelihood tester av lineære modeller.

Dca akse:		1-mengde		-0/1		2-mengde		-0/1	
Vegetasjonstype/Mikroklima		χ^2	p	χ^2	p	χ^2	p	χ^2	p
a)	Skog-snøleie-leside-rabbe	28,178	<0,001	15,073	0,002	5,361	0,147	58,522	<0,001
	Snøleie-leside-rabbe	22,403	<0,001	13,936	0,001	2,622	0,270	49,465	<0,001
b)	Temperatur vekstsesong	19,142	<0,001	0,861	0,354	16,412	<0,001	0,064	0,800
	Graddager	75,882	<0,001	1,167	0,280	69,408	<0,001	13,355	<0,001
	Temperatur vinter	47,384	<0,001	0,085	0,771	41,651	<0,001	3,667	0,056
	Oppstart vekstsesong	30,211	<0,001	4,354	0,037	25,039	<0,001	19,982	<0,001
	Lengde vekstsesong	79,709	<0,001	2,260	0,133	71,472	<0,001	20,927	<0,001
	Fuktighet / Temperatursvingninger	27,339	<0,001	14,095	<0,001	22,623	<0,001	46,855	<0,001



Figur 8. Verdier på potensielle artssammensetningsindikatorer (dca akser) i vegetasjonstypene skog, snøleie, leside og rabbe. De potensielle indikatorene er akse 1 og 2 fra detrended correspondence analyses (DCA) av datasett på mengde og tilstedeværelse (0/1). Figuren viser estimert gjennomsnitt og konfidensintervall basert på lineære modeller.



Figur 9. Relasjon mellom potensielle artssammensetningsindikatorer (dca akser) og mikroklima. De potensielle indikatorene er akse 1 og 2 fra detrended correspondence analyses (DCA) av datasett på mengde og tilstede/ikke tilstede (0/1). Prikket linje viser ikke signifikant lineær sammenheng, mens heltrukken linje viser signifikante sammenhenger. Mikroklimavariablene: se beskrivelser i Tabell 4 og i avsnitt 2.2.2.1. Figuren viser glidende gjennomsnitt av estimat basert på lineære modeller.

Resultatene viser større respons på endring i mengde av hver enkelt art i et samfunn langs mikroklimagradiene enn responsen basert på forekomster av arter datasettet. Dette indikerer at denne type data (mengde data) vil raskere gi en indikasjon på endringer gitt klimaendringer. Dette samt at resultatene våre viser responser for flere mikroklimavariabler for mengdedatasettet enn for 0/1 datasettet, gjør at vi anbefaler å potensielt anvende et datasett hvor mengde er angitt til å estimere en artssammensetningsindikator for Naturindeks. Det at dca verdiene langs 1 akse er forskjellig i de tre alpine vegetasjonstypene, mens det at de ikke er det langs 2. akse (Tabell 7), gjør at vi kun evaluerer dca akse 1 for et mengdedatasett som en potensiell samfunnsindeks til bruk i Naturindeks videre i analysene.

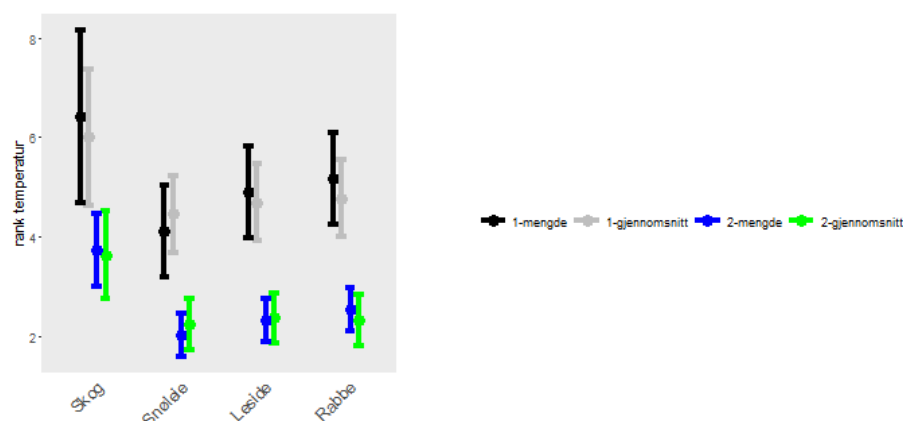
3.2.2.2 Temperatur

Alle temperaturindikatorer (rank temperatur), var signifikant forskjellige i vegetasjonstypene (bortsett fra for de alpine vegetasjonstypene for datasettet med gjennomsnittet av Ellenbergverdiene i hver overvåkningsflate var estimert) (Figur 10) og responderte langs alle mikroklimagradiene (Tabell 8; Figur 11).

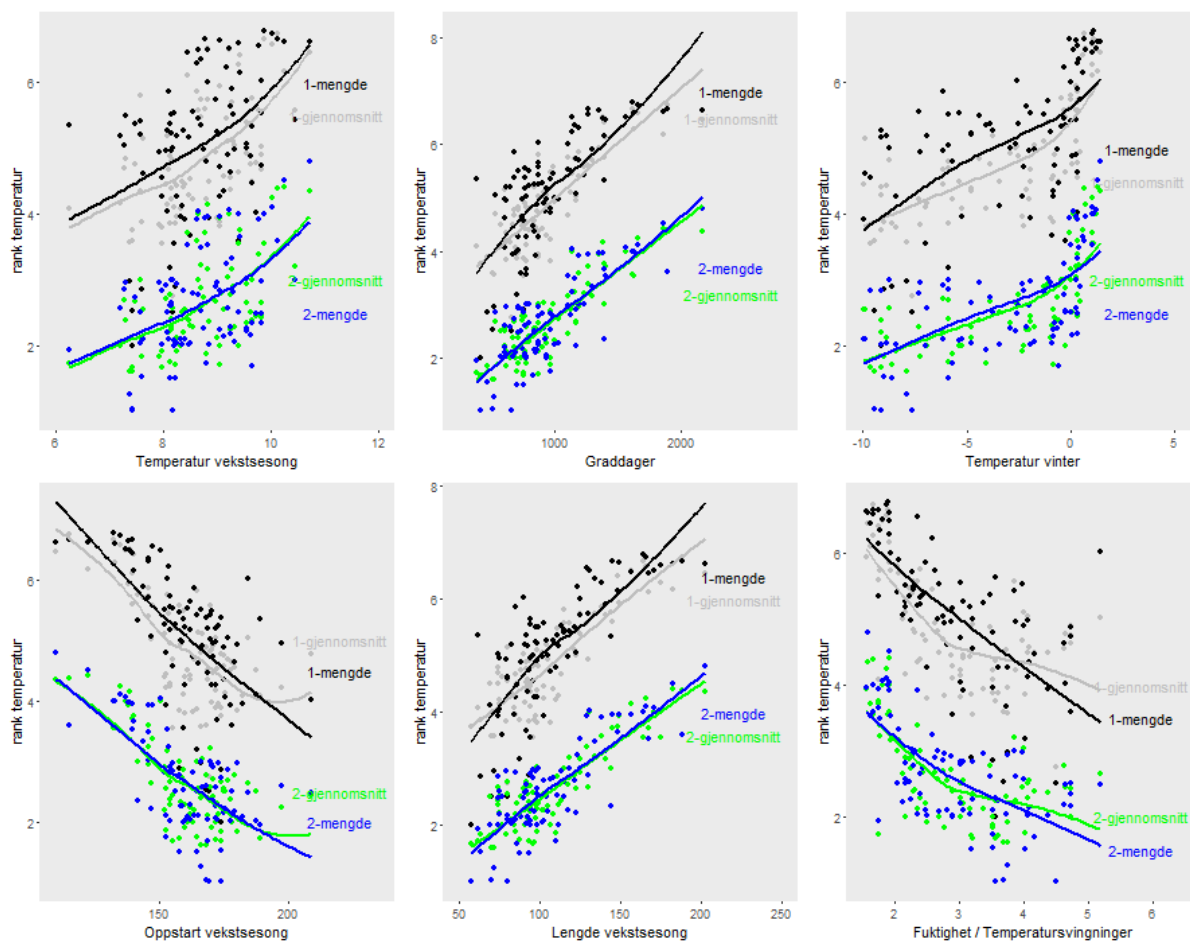
Tabell 8. Sammenhenger mellom potensielle temperaturindikatorer (rank temperatur) og a) vegetasjonstyper og b) mikroklima. Rank temperatur 1: basert på informasjon gitt i Lid & Lid (2005). Rank temperatur 2: basert på informasjon gitt i Ellenberg (1974). Gjennomsnitt: gjennomsnittet av alle rank tilegnet artene i overvåkningsflatene. Mengde: gjennomsnittet er vektet basert på mengde av hver art i overvåkningsflatene. Mikroklimavariablene: se beskrivelser i Tabell 4 og i avsnitt 2.2.2.1. Fet skrift: signifikante sammenhenger. Chi square (χ^2) og p-verdi basert på log likelihood tester av lineære modeller.

Temperaturindikator:		Rank temperatur 1-mengde		Rank temperatur 1-gjennomsnitt		Rank temperatur 2-mengde		Rank temperatur 2-gjennomsnitt	
Vegetasjonstype/Mikroklima		χ^2	p	χ^2	p	χ^2	p	χ^2	p
a)	Vegetasjonstype	48,946	<0,001	12,193	0,007	24,155	<0,001	7,922	0,048
	Alpin vegetasjonstype	40,104	<0,001	8,378	0,015	18,835	<0,001	2,370	0,306
b)	Temperatur vekstsesong	12,38	<0,001	11,16	0,001	12,10	0,001	13,33	<0,001
	Graddager	61,52	<0,001	65,26	<0,001	73,34	<0,001	81,71	<0,001
	Temperatur vinter	36,40	<0,001	33,71	<0,001	30,39	<0,001	29,53	<0,001
	Oppstart vekstsesong	34,42	<0,001	28,47	<0,001	35,12	<0,001	34,75	<0,001
	Lengde vekstsesong	71,96	<0,001	71,20	<0,001	82,73	<0,001	86,24	<0,001
	Fuktighet / Temperatursvingninger	41,24	<0,001	30,04	<0,001	34,51	<0,001	28,55	<0,001

Skal man anslå endringer over tid for et samfunn, vil dette klart best gjøres dersom flest mulig av artene i samfunnet er inkludert i analysene. For Ellenbergverdiene er det kun informasjon tilgjengelig for halvparten av artene i datasettet, mens fra Norsk Flora (Lid og Lid (2005)), har man informasjon for nesten alle av artene (99%). Dette i tillegg til at denne informasjonen er tilpasset norske forhold gjør at vi anbefaler temperaturindikatoren basert på Lid og Lid (2005). Som argumentert over, vil en endring i biologisk mangfold raskere bli oppdaget ved en endringsanalyse basert på mengdedata. Derfor vil vi i de videre analysene kun inkludere temperaturindikator basert på informasjon fra Lid og Lid (2005) og mengdedata som en potensiell samfunnsindeks til bruk i Naturindeks videre i analysene.



Figur 10. Verdier på potensielle temperaturindikatorer (rank temperatur) i vegetasjonstypene skog, snøleie, leside og rabbe. Rank temperatur 1: basert på informasjon gitt i Lid & Lid (2005). Rank temperatur 2: basert på informasjon gitt i Ellenberg (1974). Gjennomsnitt: gjennomsnittet av alle rank tilegnet artene i overvåkningsflatene. Mengde: gjennomsnittet er vektet basert på mengde av hver art i overvåkningsflatene. Figuren viser estimert gjennomsnitt og konfidensintervall basert på lineære modeller.



Figur 11. Relasjon mellom potensielle temperaturindikatorer (rank temperatur) og mikroklima. Rank temperatur 1: basert på informasjon gitt i Lid & Lid (2005). Rank temperatur 2: basert på informasjon gitt i Ellenberg (1974). Gjennomsnitt: gjennomsnittet av alle rank tilegnet artene i overvåkningsflatene. Mengde: gjennomsnittet er vektet basert på mengde av hver art i overvåkningsflatene. Mikroklimavariablene: se beskrivelser i Tabell 4 og i avsnitt 2.2.2.1. Figuren viser glidende gjennomsnitt av estimat basert på lineære modeller.

3.2.2.3 Fuktighet

Gjennomsnittsverdien av alle Ellenberg fuktighetsverdier i hver overvåkningsflate var signifikant forskjellig mellom vegetasjonstypene (Tabell 9; Figur 12). Denne indikatoren responderte langs alle mikroklimagradiene, men responsen var ikke like tydelig som for temperaturindikatorene (Tabell 9; Figur 13).

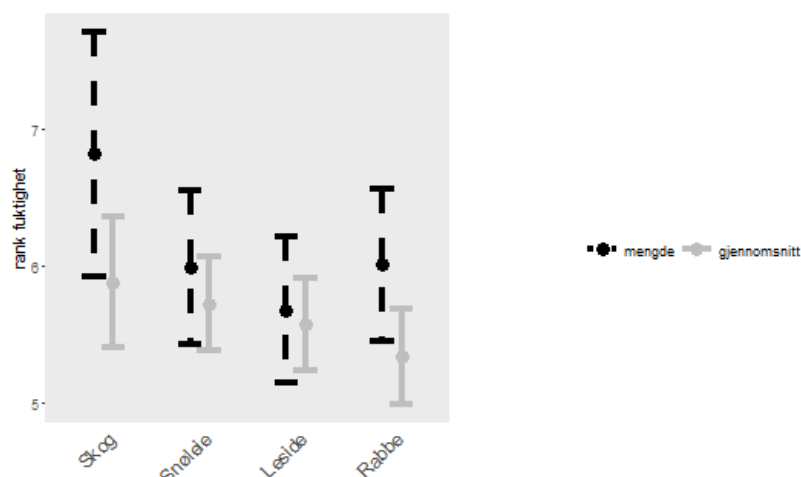
For Ellenberg fuktighetsindikatorene hadde vi informasjon for flere arter enn for Ellenberg temperaturindikatorene (henholdsvis 68% og 50 % av artene), men det kan være ett problem at verdiene tilegnet artene ikke er basert på norske forhold. Dette vil kunne gi ekstremverdier for arter med relativt høy dekning i en overvåkningsflate, som kanskje gjør at responsen for datasettet langs mikroklimagradiene ikke blir så tydelige. For eksempel er det i noen av GLORIA Norge fastrutene observert høy dekning av dvergbjørk. Denne er angitt med verdi 9 fra Ellenberg (1974) noe som tilsier at arten forekommer i ekstremt vått miljø. I Norsk Flora (Lid og Lid (2005) står det imidlertid at dvergbjørk forekommer i myr, hei og krattskog, altså ikke kun i fuktig vegetasjon.

Tabell 9. Sammenhenger mellom potensielle fuktighetsindikatorer (rank fuktighet) og a) vegetasjonstyper og b) mikroklima. Rank fuktighet: basert på informasjon gitt i Ellenberg (1974). Gjennomsnitt: gjennomsnittet av alle rank tilegnet artene i overvåkningsflatene. Mengde: gjennomsnittet er vektet basert på mengde av hver art i overvåkningsflatene. Mikroklimavariablene: se beskrivelser i Tabell 4 og i avsnitt 2.2.2.1. Fet skrift: signifikante sammenhenger. Chi square (χ^2) og p-verdi basert på log likelihood tester av lineære modeller.

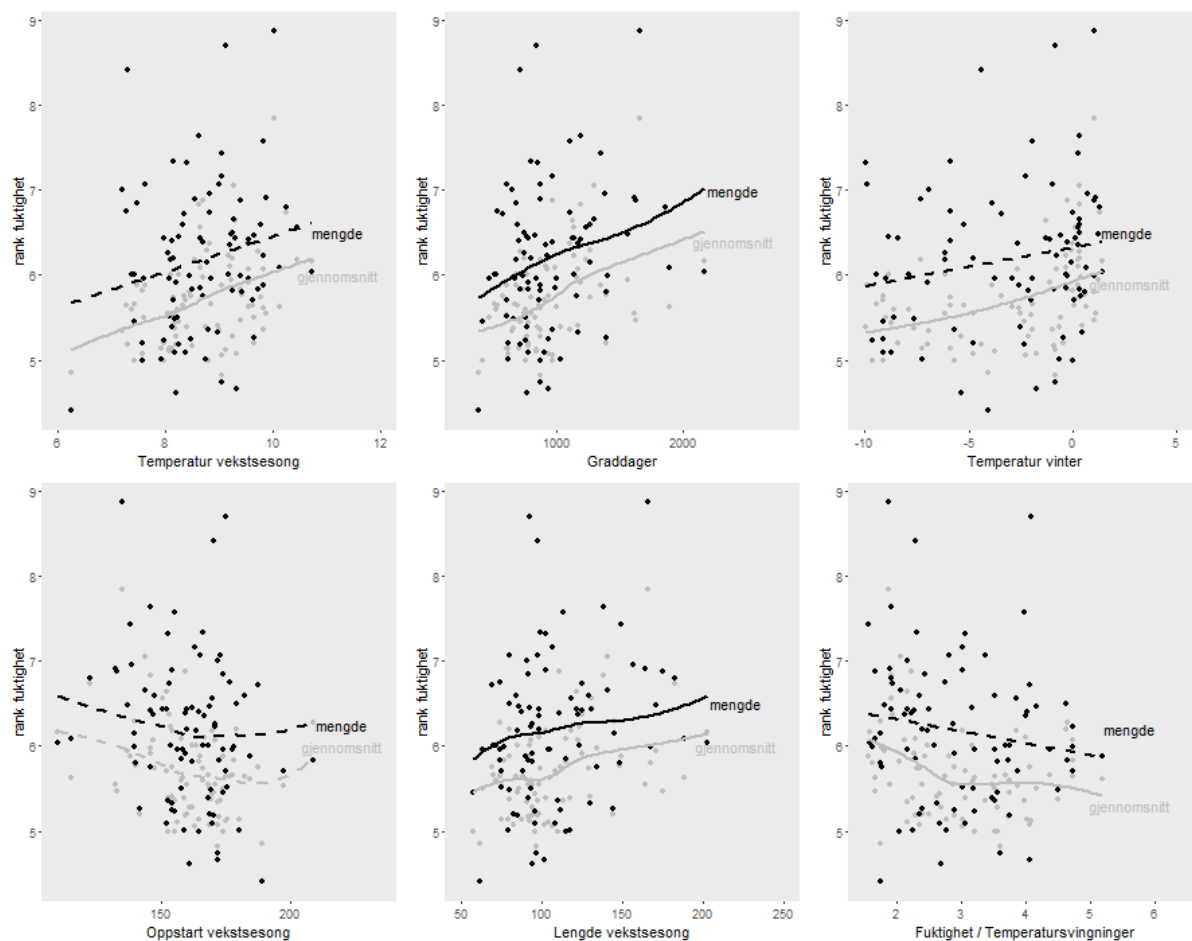
Vegetasjonstype/Mikroklima	Fuktighetsindikator:		Rank fuktighet – mengde		Rank fuktighet – gjennomsnitt	
			χ^2	p	χ^2	p
a) Vegetasjonstype			7,638	0,054	10,888	0,012
Alpine vegetasjonstyper			3,663	0,160	10,721	0,005
b) Temperatur vekstsesong			3,682	0,055	6,455	0,011
Graddager			5,652	0,017	13,904	0,000
Temperatur vinter			3,114	0,078	8,202	0,004
Oppstart vekstsesong			3,727	0,054	5,507	0,019
Lengde vekstsesong			5,531	0,019	13,572	0,000
Fuktighet / Temperatursvingninger			1,969	0,161	5,860	0,015

Mikroklimaindikatoren Fuktighet / Temperatursvingninger viste en negativ sammenheng med rank fuktighet (Figur 13). Dette kan tyde på at dette ikke er en god nok indikator på fuktighet. Men analyserte vi responsen for hver enkelt vegetasjonstype, så vi en positiv sammenheng i snøleier, selv om den i de fire andre vegetasjonstypene viste negativ eller ingen sammenheng.

Selv for mikroklimavariabelen som er antatt å indikere fuktighet i jord (basert på mål av temperatursvingninger gjennom døgnet) er responsen signifikant kun for 0/1 datasettet. Derfor velger vi å kun inkludere fuktighetsindikatoren basert på 0/1 datasettet som en potensiell samfunnsindeks til bruk i Naturindeks videre i analysene.



Figur 12. Verdier på potensielle fuktighetsindikatorer (rank fuktighet) i vegetasjonstypene skog, snøleie, leside og rabbe. Rank fuktighet: basert på informasjon gitt i Ellenberg (1974). Gjennomsnitt: gjennomsnittet av alle rank tilegnet artene i overvåkningsflatene. Mengde: gjennomsnittet er vektet basert på mengde av hver art i overvåkningsflatene. Figuren viser estimert gjennomsnitt og konfidensintervall basert på lineære modeller.



Figur 13. Relasjon mellom potensielle fuktighetsindikatorer (rank fuktighet) og mikroklima. Rank fuktighet: basert på informasjon gitt i Ellenberg (1974). Gjennomsnitt: gjennomsnittet av alle rank tilegnet artene i overvåkningsflatene. Mengde: gjennomsnittet er vektet basert på mengde av hver art i overvåkningsflatene. Prikket linje viser ikke signifikant lineær sammenheng, mens heltrukken linje viser signifikante sammenhenger. Mikroklimavariablene: se beskrivelser i Tabell 4 og i avsnitt 2.2.2.1. Figuren viser glidende gjennomsnitt av estimat basert på lineære modeller.

3.2.2.4 Endelig utvalg av samfunnsindekser

Artssammensetningsindikatoren (dca1; basert på mengdedata) og temperaturindikatoren (Temperatur 1; basert på informasjon fra Lid og Lid (2005) og datasettet hvor gjennomsnittet var vektet basert på mengde av hver art) korrelerte i høy grad (Tabell 10). Dette tyder på at det kan være unødvendig å inkludere begge disse samfunnsindeksen som indikatorer i Naturindeks. Verdier langs dca akser avhenger av datasettet som legges til grunn for analysene. En analyse av et utvalg av overvåkningsflatene vil gi forskjellige verdier enn en analyse av alle overvåkningsflatene, derfor velger vi å foreslå kun å inkludere temperaturindikatoren av disse to indeksene i Naturindeksen. Fuktighetsindikatoren hadde derimot lav grad av samvariasjon med de to andre samfunnsindeksene (Tabell 10). Derfor velger vi å foreslå også denne som en indikator for Naturindeks.

Tabell 10. Samvariasjon mellom samfunnsindekser. Pearson korrelasjonskoeffisient (i fet skrift) og p-verdi (i kursiv). I blått: de tre indikatorene valgt ut fra hver gruppe: DCA1-mengde: artssammensetning, Rank temperatur1-mengde: temperatur og Rank fuktighet-gjennomsnitt: fuktighet. Samfunnsindikatorerne er forklart i avsnitt 2.4.2.

	DCA 1 -mengde	DCA 2 -mengde	DCA 1 -0/1	DCA 2 -0/1	Rank temperatur 1 -mengde	Rank temperatur 1 -gjennomsnitt	Rank temperatur 2 -mengde	Rank temperatur 2 -gjennomsnitt	Rank fuktighet -mengde	Rank fuktighet -gjennomsnitt
DCA 1 -mengde		0,17	0,90	-0,38	0,92	0,84	0,84	0,86	0,32	0,30
DCA 2 -mengde	0,039		0,09	-0,48	0,34	0,18	0,12	0,13	0,00	-0,07
DCA 1 -0/1	0,000	0,269		-0,19	0,78	0,94	0,76	0,94	0,32	0,42
DCA 2 -0/1	0,000	0,000	0,016		-0,46	-0,24	-0,38	-0,31	-0,19	0,05
Rank temperatur 1 -mengde	0,000	0,000	0,000	0,000		0,77	0,80	0,75	0,22	0,10
Rank temperatur 1 -gjennomsnitt	0,000	0,029	0,000	0,003	0,000		0,74	0,91	0,32	0,13
Rank temperatur 2 -mengde	0,000	0,146	0,000	0,000	0,000	0,000		0,81	0,38	0,38
Rank temperatur 2 -gjennomsnitt	0,000	0,104	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000		0,40	0,30
Rank fuktighet -mengde	0,000	0,962	0,000	0,017	0,007	0,000	0,000	0,000		0,48
Rank fuktighet -gjennomsnitt	0,000	0,385	0,000	0,523	0,101	0,000	0,000	0,000	0,000	

4 Nye indikatorer for Naturindeks for fjell

Dette prosjektet foreslår seks nye indikatorer for å supplere de indikatorene som til sammen definerer Naturindeks for økosystem fjell:

- Karplanter i snøleie – temperatur
- Karplanter i leside – temperatur
- Karplanter i rabbe – temperatur
- Karplanter i snøleie – fuktighet
- Karplanter i leside – fuktighet
- Karplanter i rabbe – fuktighet

Verdiene på disse indikatorene vil bli tilegnet de kommunene hvor hvert av de seks GLORIA Norge fjellene ligger og regnet ut som et gjennomsnitt av verdiene i alle overvåkningsflatene i hver av vegetasjonstypene i hvert fjell (for kommunene omfattet i det sørlige transektet: Tabell 11). Tilsvarende ble mål på usikkerhet (øvre og nedre kvartil) regnet ut.

Tabell 11. Gjennomsnittsverdier for indikatorene i referansetidspunktet og i 2010 for kommunene hvor de fire sørlige GLORIA Norge fjellene er lokalisert. Temperaturindikatorene er gjennomsnittet i hvert av vegetasjonstypene i hvert fjell, for samfunnsindikatoren Rank temperatur 1-mengde. Fuktighetsindikatorene er gjennomsnittet i hvert av vegetasjonstypene i hvert fjell, for samfunnsindikatoren Rank fuktighet -gjennomsnitt. Samfunnsindikatorene er forklart i avsnitt 2.4.2.

Indikator	Tidspunkt	STORTUSSEN Eide	SNØTIND Gjemnes	KALDFONNA Sunndal	KOLLA Dovre	KOLLA Oppdal	TRON Alvdal
Karplanter i snøleie – temperatur	Referanse	3,92	3,92	2,51	3,71	3,71	2,79
	2010	4,81	4,81	3,39	4,19	4,19	3,28
Karplanter i leside – temperatur	Referanse	5,59	5,59	4,63	4,85	4,85	5,18
	2010	5,90	5,90	4,93	5,02	5,02	5,35
Karplanter i rabbe – temperatur	Referanse	5,59	5,59	5,27	5,19	5,19	5,64
	2010	5,49	5,49	5,18	5,14	5,14	5,59
Karplanter i snøleie – fuktighet	Referanse d	5,94	5,94	5,54	5,22	5,22	5,66
	2010	5,95	5,95	5,55	5,31	5,31	5,75
Karplanter i leside – fuktighet	Referanse	7,05	7,05	5,94	5,47	5,47	5,36
	2010	7,05	7,05	5,94	5,47	5,47	5,36
Karplanter i rabbe – fuktighet	Referanse	5,47	5,47	5,67	5,40	5,40	5,29
	2010	5,47	5,47	5,67	5,40	5,40	5,29

Ved utregning av verdier på gjennomsnitt og øvre og nedre kvartil ved referansetidspunktet for de tre temperaturindikatorene, anvendte vi estimat fra modellene som viser lineære relasjoner mellom temperaturindikatorene og mikroklimaindikatoren Temperatur vekstsesong. Mer detaljerte analyser viste signifikante forskjellige lineære relasjoner i de tre alpine vegetasjonstypene ($p = 0,023$), derfor anvendte vi stigningstallet for den lineære sammenhengen i hver enkelt av de tre vegetasjonstypene

(snøleie: 0,66, leside: 0,23 og rabbe: 0,02) til å estimere verdier for referanseverdier (gjennomsnittene vist i Tabell 11).

Ved utregning av referanseverdier for de tre fuktighetsindikatorerne, anvendte vi estimat fra modellene som viser lineære relasjoner mellom fuktighetsindikatorerne og mikroklima indikatoren Fuktighet / Temperatursvingninger. Mer detaljerte analyser viste også her signifikante forskjellige lineære relasjoner i de tre alpine vegetasjonstypene ($p = 0.037$). Her viste kun indikatorverdier i snøleie klare sammenhenger med mikroklimaindikatoren derfor anvendte vi stigningstallet for den lineære sammenhengen i snøleie (0,35) mens for leside og rabbe definerte vi referanseverdi til den samme verdien som ble angitt for dagens tilstand (resultatene vist i Tabell 11).

Ved utregning av naturindeks må man for disse indikatorerne ta hensyn til at differensen fra referanseverdien kan være både negativ og positiv, spesielt for fuktighetsindikatoren i og med at både tørke og mer nedbør er konsekvenser av den globale oppvarmingen. Men dette gjelder også for temperaturindikatoren i og med at lengden på vekstsesongen vil endres. Et eksempel på dette illustreres i rabber, selv om den regionale sommertemperaturen har økt ser vi en lavere verdi i rabber i dag i forhold til referanseverdien. De endelige indikatorverdiene som inkluderes i Naturindeks blir derfor kalkulert som:

Endelige indikatorverdier = referanseverdi – absoluttverdien av (referanseverdi – indikatorverdi)

4.1 Oppsummering

Dette prosjektet har utviklet seks indikatorer for å supplere de indikatorerne som til sammen definerer Naturindeks for økosystem fjel: Karplanter i snøleie – temperatur, Karplanter i leside – temperatur, Karplanter i rabbe – temperatur, Karplanter i snøleie – fuktighet, Karplanter i leside – fuktighet og Karplanter i rabbe – fuktighet. For de kommuner hvor de sørlige GLORIA Norge fjellene er lokalisert, er verdier på gjennomsnitt og øvre og nedre kvartil for de seks indikatorerne ved referansetidspunktet og 2010 inkludert i naturindeksbasen (<http://naturindeks.nina.no/>). De valgte indikatorerne for hver vegetasjonstype vil til sammen danne temaindeksene snøleie, leside og snøleie. Temaindeksene vil bli kalkulert ved neste oppdatering av Naturindeks.

Litteratur

- Bakdash, J.Z. & Marusich, L.R. 2017. Repeated measures correlation. *Frontiers in Psychology* 8.
- Bates, D., Mächler, M., Bolker, B. & Walker, S. 2015. Fitting linear mixed-effects models using lme4. *Journal of Statistical Software* 67: 1-48.
- Cáceres, M., Legendre, P., Wiser, S.K. & Brotons, L. 2012. Using species combinations in indicator value analyses. *Methods in Ecology and Evolution* 3: 973-982.
- Dufrene, M. & Legendre, P. 1997. Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. *Ecological monographs* 67: 345-366.
- Ellenberg, H. 1974. Indicator values of vascular plants in central Europe. *Indicator values of vascular plants in central Europe*. 9.
- Felde, V.A., Kapfer, J. & Grytnes, J.A. 2012. Upward shift in elevational plant species ranges in Sikkildalen, central Norway. *Ecography* 35: 922-932.
- Fox, J. & Hong, J. 2009. Effect Displays in R for Multinomial and Proportional-Odds Logit Models: Extensions to the effects Package. *Journal of Statistical Software* 8: 1-27.
- Framstad, E. 2015. Naturindeks for Norge 2015. Tilstand og utvikling for biologisk mangfold.
- Framstad, E. & Pedersen, B. 2015. Hvordan svarer naturindeksen på klimaendringer? I: Naturindeks for Norge 2015. Tilstand og utvikling for biologisk mangfold.
- Gottfried, M., Pauli, H., Futschik, A., Akhalkatsi, M., Barančok, P., Alonso, J.L.B., Coldea, G., Dick, J., Erschbamer, B. & Kazakis, G. 2012. Continent-wide response of mountain vegetation to climate change. *Nature Climate Change* 2: 111-115.
- Halvorsen, R., Bendiksen, E., Bratli, H., Moen, A., Norderhaug, A. & Øien, D.-I. 2016. NiN natursystem versjon 2.1.1. Artstabeller og annen tilrettelagt dokumentasjon for variasjonen langs viktige LKM. *Natur i Norge Artikkel* 9: 1-125.
- Hanssen-Bauer, I. 2005. Regional temperature and precipitation series for Norway: Analyses of time-series updated to 2004. *Met. no report* 15: 1-34.
- Klanderud, K. & Birks, H.J.B. 2003. Recent increases in species richness and shifts in altitudinal distributions of Norwegian mountain plants. *The Holocene* 13: 1-6.
- Lid, J. & Lid, D. 2005. Norsk flora. 7 utgåve ved R. Elven. Det Norske Samlaget, Oslo, Norway.
- Lundemo, S., Karlsen, S.R. & Holten, J.I. 2016. GLORIA Norge – årsrapport for 2013. NIBIO Rapport.
- Michelsen, O., Syverhuset, A.O., Pedersen, B. & Holten, J.I. 2011. The impact of climate change on recent vegetation changes on Dovrefjell, Norway. *Diversity* 3: 91-111.
- Pauli, H., Gottfried, M., Dullinger, S., Abdaladze, O., Akhalkatsi, M., Alonso, J.L.B., Coldea, G., Dick, J., Erschbamer, B. & Calzado, R.F. 2012. Recent plant diversity changes on Europe's mountain summits. *Science* 336: 353-355.
- Pedersen, B. & Nybø, S. 2015. Naturindeks for Norge 2015. Økologisk rammeverk, beregningsmetoder, datalagring og nettbasert formidling.
- Pedersen, B., Nybø, S. & Skarpaas, O. 2013. Naturindeksens økologiske rammeverk. En mer stringent tilnærming til fastsetting av referanseverdier og utvalg av indikatorer. NINA Minirapport 428.
- Pedersen, H.C. & Aarrestad, P.A. 2015. Fjell. I: Framstad, E. (ed.) Naturindeks for Norge 2015. Tilstand og utvikling for biologisk mangfold.

- R Core Team 2015. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.R-project.org/>, Vienna, Austria.
- Revelle, W. 2016. psych: Procedures for Personality and Psychological Research, Northwestern University, Evanston, Illinois, USA, <https://CRAN.R-project.org/package=psych> Version = 1.6.9.
- Ter Braak, C.J. & Smilauer, P. 2002. CANOCO reference manual and CanoDraw for Windows user's guide: software for canonical community ordination (version 4.5). www.canoco.com.
- Vanneste, T., Michelsen, O., Graae, B.J., Kyrkjeeide, M.O., Holien, H., Hassel, K., Lindmo, S., Kapás, R.E. & De Frenne, P. 2017. Impact of climate change on alpine vegetation of mountain summits in Norway. *Ecological Research*: 1-15.
- Wehn, S. 2009. A map-based method for exploring responses to different levels of grazing pressure at the landscape scale. *Agriculture, ecosystems & environment* 129: 177-181.
- Wehn, S. & Holten, J.I. 2010. Overvåking av fjellvegetasjon på Stortussen/Snøtind. DN-utredning.
- Wehn, S. & Holten, J.I. 2011. Stortussen/Snøtind og Kaldfonna. - Årsrapport til DN.
- Wehn, S., Holten, J.I. & Karlsen, S.R. 2012a. Etablering av fastruter i fjell langs et kyst - innland transekt i Midt Norge. Norut-rapport.
- Wehn, S., Holten, J.I. & Karlsen, S.R. 2016. Norsk fjellnatur - Fra kyst til innland, fra sør til nord. NIBIO rapport.
- Wehn, S., Karlsen, S.R., Vesterbukt, P. & Holten, J.I. 2017. GLORIA Norge 2016 – overvåkning av vegetasjon og vekstsesong. NIBIO rapport.
- Wehn, S., Lundemo, S. & Holten, J.I. 2014. Alpine vegetation along multiple environmental gradients and possible consequences of climate change. *Alpine Botany* 124: 155-164.
- Wehn, S., Lundemo, S. & Holten, J.I. 2013. Midt-norsk fjellnatur fra kyst til innland. Status 2012. Bioforsk Rapport.
- Wehn, S., Olsson, G. & Hanssen, S. 2012b. Forest line changes after 1960 in a Norwegian mountain region—implications for the future. *Norsk Geografisk Tidsskrift-Norwegian Journal of Geography* 66: 2-10.
- Wehn, S., Pedersen, B. & Hanssen, S.K. 2011. A comparison of influences of cattle, goat, sheep and reindeer on vegetation changes in mountain cultural landscapes in Norway. *Landscape and Urban Planning* 102: 177-187.
- Wickham, H. 2009. ggplot2: Elegant Graphics for Data Analysis. Springer-Verlag, New York.
- Wolak, M.E., Fairbairn, D.J. & Paulsen, Y.R. 2012. Guidelines for Estimating Repeatability. *Methods in Ecology and Evolution* 3: 129-137.

Vedlegg 1. Sammenstille dekningsdata

Tabell 1. Mengdeverdier. Mengde av hver art i overvåkningsflatene ble estimert ved bruk av to metoder i de forskjellige GLORIA Norge fjellene. For å sammenstille dataene, ble kategoriverdiene transformert gitt beskrivelsen i tabellen.

Verdi i datasettet	Mengdekategori	Estimert % dekning
25	25%-100%	>25
5	1%-25%	1-5
1	20 individ-1%	0,0005-1 ¹⁾ /0,05-1 ²⁾
0,0005 ¹⁾ /0,05 ²⁾	6-20 individ	0,0001-0,0005 ¹⁾ /0,0125-0,05 ²⁾
0,0001 ¹⁾ /0,0125 ²⁾	1-5 individ	≤0,0001 ¹⁾ /≤0,0125 ²⁾

1) for små arter

2) for store arter

Vedlegg 2. Rank – temperatur og fuktighet

Tabell 1. Rank tilegnet artene observert i GLORIA Norge fjellene.

Arter		Temperatur Lid & Lid (2005)	Temperatur Ellenberg (1974)	Fuktighet Ellenberg (1974)
Luzula spicata	aksfrytle	3,5	2	4
Trollius europaeus	ballblom	5,5	3	7
Carex rupestris	bergstarr	5	2	4
Tofieldia pusilla ss	bjønnbrodd	5	2	8
Blechnum spicant	bjønnekam	7	likt	6
Trichophorum cespitosum	bjørneskjegg	6,5	5	9
Carex saxatilis	blankstarr	4	NA	NA
Pedicularis lapponica	bleikmyrklegg	4	NA	NA
Carex pallescens	bleikstarr	7	4	6
Salix hastata	bleikvier	5	3	6
Vaccinium uliginosum	blokkebær	6	3	5
Salix nigricans	blokkevier	6	NA	NA
Vaccinium myrtillus	blåbær	6	likt	likt
Campanula rotundifolia	blåklokke	6	5	likt
Succisa pratensis	blåknapp	7	5	7
Phyllodoce caerulea	blålyng	3,5	NA	NA
Molinia caerulea	blåtopp	6,5	6	7
Salix starkeana	blåvier	6	4	7
Eriophorum scheuchzeri	brannull	3,5	2	9
Cerastium cerastoides	brearve	4	1	8
Rubus idaeus	bringe bær	7	likt	likt
Carex pilulifera	bråtestarr	7,5	likt	5
Luzula arcuata	buefrytle	3	NA	NA
Carex fuliginosa	dubbestarr	3	1	7
Betula pubescens	dunbjørk	7,5	likt	8
Avenula pubescens	dunhavre	7	likt	3
Eriophorum angustifolium	duskull	6	likt	9
Betula nana	dvergbjørk	5,5	3	9
Omalotheca supina	dverggråurt	3,5	NA	NA
Selaginella selaginoides	dvergjamne	5,5	3	7
Epilobium anagallidifolium	dvergmjølke	4	2	7
Ranunculus pygmaeus	dvergsøleie	3	1	7
Pinguicula villosa	dvergtettegras	5,5	NA	NA
Juniperus communis	einer	7	2	4
Viola canina	engfiol	6	likt	4
Luzula campestris multiflora	engfrytle	6	likt	5
Agrostis capillaris	engkvein	7	likt	likt
Poa pratensis	engrapp	6	5	5
Equisetum pratense	engsnelle	6,5	4	6
Ranunculus acris	engsoleie	7	likt	6
Rumex acetosa	engsyre	7	likt	likt
Calamagrostis lapponica	finnmarksrørkvein	4	NA	NA

Nardus stricta	finnskjegg	4	likt	likt
Hypericum maculatum	firkantperikum	7	likt	6
Cerastium alpinum	fjellarve	3,5	1	4
Deschampsia alpina	fjellbunke	2,5	NA	NA
Athyrium distentifolium	fjellburkne	4	3	6
Viola biflora	fjellfiol	4,5	3	6
Thalictrum alpinum	fjellfrøstjerne	4,5	NA	NA
Anthoxanthum nipponicum	fjellgulaks	4	3	6
Diphasiastrum alpinum	fjelljamne	4	NA	NA
Antennaria alpina	fjellkattfot	3,5	NA	NA
Angelica archangelica ssp archangelica	fjellkvann	4,5	NA	NA
Agrostis mertensii	fjellkvein	4	NA	NA
Lycopodium annotinum alpestre	fjellkråkefot	4	NA	NA
Huperzia appressa	fjell-lusegras	4	NA	NA
Hierochloe alpina	fjellmarigras	3,5	NA	NA
Alchemilla alpina	fjellmarikåpe	4	2	5
Myosotis decumbens	fjellminneblom	5	3	6
Diapensia lapponica	fjellpyrd	3,5	NA	NA
Poa alpina	fjellrapp	5	3	5
Silene acaulis	fjellsmelle	3	1	4
Carex norvegica	fjellstarr	4,5	4	9
Stellaria borealis	fjellstjerneblom	5	NA	NA
Oxyria digyna	fjellsyre	3,5	2	5
Phleum alpinum	fjelltimotei	4,5	3	5
Saussurea alpina	fjelltistel	4	1	5
Viscaria alpina	fjellmjærebblom	4	NA	NA
Veronica alpina	fjellveronika	4	2	6
Euphrasia wettensteinii	fjelløyentrøst	4	3	5
Dactylorhiza maculata	flekkmariband	6,5	6	8
Potentilla crantzii	flekkmure	5,5	2	5
Gymnocarpium dryopteris	fugletelg	6,5	4	6
Vicia cracca	fuglevikke	7	5	6
Leontodon autumnalis	følblom	6	likt	5
Epilobium angustifolium	geitrams	6,5	likt	5
Festuca vivipara	geitsvingel	4,5	NA	NA
Oxalis acetosella	gjøkesyre	6,5	likt	5
Picea abies	gran	6,5	3	likt
Minuartia stricta	grannarve	3,5	4	9
Stellaria graminea	grasstjerneblom	7	likt	5
Loiseleuria procumbens	greplyng	3,5	2	5
Coeloglossum viride	grønnkurle	5,5	likt	4
Alnus incana	gråor	7	4	7
Anthoxanthum odoratum	gulaks	7,5	likt	likt
Pedicularis oederi	gullmyrklegg	4	2	5
Solidago virgaurea	gullris	6	3	5
Astragalus frigidus	gulmjelt	4,5	2	4
Saxifraga aizoides	gulsildre	4	3	9
Bistorta vivipara	harerug	5	2	5
Prunus padus	hegg	7	5	8
Melica nutans	hengeaks	7	8	4

Luzula parviflora	hengefrytle	5,5	NA	NA
Phegopteris connectilis	hengeving	6,5	NA	NA
Cryptogramma crispa	hestespreng	4,5	3	5
Agrostis canina	hundekvein	7	5	9
Cirsium heterophyllum	hvitbladtistel	6,5	4	8
Trifolium repens	hvitkløver	7	likt	5
Andromeda polifolia	hvitlyng	6,5	4	9
Galium boreale	hvitmaure	7	6	6
Epilobium lactiflorum	hvitmjølke	5	NA	NA
Ranunculus platanifolius	hvitsoleie	4,5	4	6
Anemone nemorosa	hvitveis	7,5	likt	5
Cardamine bellidifolia	høyfjellsarse	3	NA	NA
Luzula pilosa	hårfrytle	6,5	likt	5
Carex capillaris	hårstarr	5	1	8
Beckwithia glacialis	isssoleie	2	1	6
Poa arctica	jervrapp	3,5	NA	NA
Sagina nivalis	jøkelsmåarve	3,5	NA	NA
Parnassia palustris	jåblom	6	likt	8
Cassiope tetragona	kantlyng	3	NA	NA
Antennaria dioica	kattefot	5,5	likt	4
Epilobium montanum	krattmjølke	7,5	likt	5
Empetrum nigrum	krekling	6	likt	6
Pedicularis sylvatica	kystmyrklegg	7,5	5	8
Salix lapponum	lappvier	4,5	NA	NA
Veronica officinalis	legeveronika	7	likt	4
Linnaea borealis	linnae	6,5	likt	5
Pedicularis hirsuta	lodnemyrklegg	3	NA	NA
Huperzia selago	lusegras	7,5	3	6
Maianthemum bifolium	maiblom	7	likt	5
Arctostaphylos uva-ursi	melbær	6	likt	3
Filipendula ulmaria	mjødurt	7	5	8
Pulsatilla vernalis	mogop	5	likt	4
Rubus chamaemorus	molte	6,5	3	8
Harrimanella hypnoides	moselyng	3	NA	NA
Salix herbacea	musøre	3,5	2	7
Lycopodium clavatum	myk kråkefot	7,5	4	4
Poa flexuosa	mykrapp	2,5	1	5
Viola palustris	myrfiol	6	likt	9
Luzula sudetica	myrfrytle	6	3	5
Orthilia secunda	nikkevintergrønn	6,5	likt	5
Pyrola norvegica	norsk vintergrønn	5	NA	NA
Dryopteris filix-mas	ormetelg	7	likt	5
Pyrola minor	perlevintergrønn	6,5	likt	5
Equisetum arvense ssp. Boreale	polarisnelle	3,5	NA	NA
Salix polaris	polarvier	3	NA	NA
Juncus trifidus	rabbesiv	5,5	2	4
Dryas octopetala	reinrose	4	2	4
Sorbus aucuparia	rogn	6,5	likt	likt
Narthecium ossifragum	rome	7	4	9
Rhodiola rosea	rosenrot	3,5	4	6

Drosera rotundifolia	rundsoldogg	7	4	9
Achillea millefolium	ryllik	6,5	6	5
Salix reticulata	rynkevier	3,5	2	6
Vahlodea atropurpurea	rypebunke	4	NA	NA
Arctostaphylos alpinus	rypebær	4,5	2	5
Carex lachenalii	rypestarr	5	NA	NA
Saxifraga oppositifolia	rødsildre	3	2	5
Festuca rubra	rødsvingel	6	6	6
Calluna vulgaris	røsslyng	6,5	likt	likt
Festuca ovina	sauesvingel	5,5	likt	likt
Dryopteris expansa	sauetelg	6	3	6
Sagina saginoides	seterarve	4,5	3	6
Luzula multiflora frigida	seterfrytle	4	NA	NA
Omalothea norwegica	setergråurt	4	NA	NA
Astragalus alpinus	setermjelt	4	2	4
Epilobium hornemannii	setermjølke	5	NA	NA
Poa pratensis ssp alpigena	seterrapp	4,5	NA	NA
Carex brunnescens	seterstarr	5,5	NA	NA
Allium scoenoprasum sibiricum	sibirgrasløk	4,5	NA	NA
Athyrium filix-femina	skogburkne	7	likt	7
Viola riviniana	skogfiol	7	likt	4
Dactylorhiza fuchsii	skogmarihand	7	NA	NA
Calamagrostis phragmitoides	skogrørkvein	6,5	4	8
Equisetum sylvaticum	skogsnelle	6,5	4	7
Trientalis europaea	skogstjerne	6,5	5	likt
Stellaria nemorum	skogstjerneblom	6	likt	7
Geranium sylvaticum	skogstorkenebb	6,5	4	6
Chamaepericlymenum suecica	skrubb-bær	6,5	4	7
Carex vaginata	slirestarr	5,5	3	9
Angelica sylvestris	sløke	6,5	likt	8
Carex nigra	slåttstarr	6,5	likt	8
Avenella flexuosa	smyle	6	likt	likt
Oreopteris limbosperma	smørtelg	6,5	NA	NA
Trichophorum cespitosum ssp cespitosum	småbjørneskjegg	6,5	4	9
Rhinanthus minor	småengkall	6,5	5	4
Melampyrum sylvaticum	småmarimjelle	6,5	4	5
Silene rupestris	småsmelle	7	3	3
Listera cordata	småtvblad	7	4	7
Veronica serpyllifolia	snauveronika	6,5	3	5
Erigeron uniflorus	snøbakkestjerne	3	1	5
Ranunculus nivalis	snøsoleie	3,5	NA	NA
Gentiana nivalis	snøsøte	4	1	5
Carex bigelowii rigida	stivstarr	5	3	5
Alchemilla vulgaris	stjernemarikåpe	8,5	4	9
Saxifraga stellaris	stjernesildre	4	3	9
Carex echinata	stjernestarr	7	likt	8
Trichophorum germanicum	storbjørneskjegg	7,5	likt	likt
Luzula sylvatica	storfrytle	7,5	4	5
Melampyrum pratense	stormarimjelle	6,5	likt	likt
Salix myrtilioides	storvier	6	4	9

Lycopodium annotinum	stri kråkefot	7	4	6
Sagina caespitosa	stuttsmåarve	3	NA	NA
Crepis paludosa	sumphaukeskjegg	7	likt	8
Trisetum spicatum	svartaks	3,5	1	5
Carex atrata	svartstarr	4	likt	likt
Bartsia alpina	svarttopp	4,5	3	8
Carex pauciflora	sveltstarr	7	3	9
Deschampsia cespitosa	sølvbunke	6,5	likt	7
Salix glauca	sølvvier	4,5	NA	NA
Rubus saxatilis	teiebær	6,5	likt	6
Potentilla erecta	tepperot	6,5	likt	likt
Pinguicula vulgaris	tettegras	6	likt	8
Lotus corniculatus	tiriltunge	6	likt	4
Eriophorum vaginatum	torvull	6	likt	9
Sibbaldia procumbens	trefingerurt	4	2	7
Poa pratensis ssp angustifolia	trådrapp	8	6	likt
Juncus filiformis	trådsiv	6,5	4	9
Minuartia biflora	tuearve	3,5	NA	NA
Poa annua	tunrapp	6,5	likt	6
Cicerbita alpina	turt	5,5	3	6
Veronica chamedrys	tveskjeggveronika	7,5	2	5
Juncus biglumis	tvillingsiv	3	NA	NA
Aconitum septentrionale	tyrihjelm	6	NA	NA
Vaccinium vitis-idaea	tyttebær	6	likt	4
Salix lanata	ullvier	5	NA	NA
Cerastium fontanum	vanlig arve	4,5	3	5
Pinus sylvestris	vanlig furu	7,5	likt	likt
Populus tremula	vanlig osp	6,5	5	5
Valeriana sambucifolia procurens	vendelrot	6,5	NA	NA
Equisetum arvense	åkersnelle	6,5	likt	likt

Vedlegg 3. Potensielle indikatorer

Tabell 1a). Signifikante assosiasjoner mellom arter og alpine vegetasjonstyper (rabbe, leside, snøleie). Stat = indikatorverdi (størrelsen på assosiasjonen) basert på (Dufrene & Legendre 1997), p-verdiene er basert på permutasjonstester (n= 999). A: sannsynligheten for at den potensiell indikatoren representerer vegetasjonstypen om den er der. B: sannsynligheten for å finne den potensielle indikatoren om vi har den bestemte vegetasjonstypen.

Alpine vegetasjonstype	Arter		A	B	Stat	p
Rabbe	<i>Alectoria sp.</i>	Skjegglav	0,60	0,48	0,54	0,002
	<i>Cerastium alpinum</i>	Fjellarve	0,73	0,21	0,40	0,020
Leside	<i>Diphasiastrum alpinum</i>	Fjelljamne*	0,69	0,33	0,47	0,005
Snøleie	<i>Ranunculus glacialis</i>	Issoleie	0,63	0,58	0,61	0,001
	<i>Agrostis mertensii</i>	Fjellkvein*	0,61	0,54	0,57	0,001
	<i>Solorina crocea</i>	Safranlav	0,62	0,46	0,53	0,001
	<i>Carex lachenalii</i>	Rypestarr	0,83	0,26	0,46	0,002
	<i>Poa flexuosa</i>	Mykrapp	0,60	0,26	0,39	0,036

*observert i alle fjell

Tabell 1b. Signifikante assosiasjoner mellom arter og skog. Stat = indikatorverdi (størrelsen på assosiasjonen) basert på (Dufrene & Legendre 1997), p-verdiene er basert på permutasjonstester (n= 999). Arter med A (sannsynligheten for at den potensiell indikatoren representerer vegetasjonstypen om den er der) > 0,75 og B (sannsynligheten for å finne den potensielle indikatoren om vi har den bestemte vegetasjonstypen) > 0,5 er uthevet i fet skrift.

Vegetasjonstype	Arter		A	B	stat	p
Skog	<i>Alnus incana</i>	Gråor	1,00	0,15	0,39	0,007
	<i>Anemone nemorosa</i>	Hvitveis	0,78	0,15	0,34	0,033
	<i>Athyrium filix-femina</i>	Skogburkne	1,00	0,35	0,59	0,001
	<i>Betula pubescens</i>	Dunbjørk	0,69	1,00	0,83	0,001
	<i>Blechnum spicant</i>	Bjønnekam	0,90	0,60	0,74	0,001
	<i>Carex echinata</i>	Stjernestarr	0,86	0,15	0,36	0,011
	<i>Carex pallescens</i>	Bleikstarr	1,00	0,10	0,32	0,040
	<i>Chamaepericlymenum suecica</i>	Skrubbær	0,68	0,65	0,67	0,001
	<i>Cicerbita alpina</i>	Turt	0,78	0,15	0,34	0,022
	<i>Crepis paludosa</i>	Sumphaukeskjegg	1,00	0,10	0,32	0,029
	<i>Dryopteris expansa</i>	Sauetelg	1,00	0,35	0,59	0,001
	<i>Dryopteris filix-mas</i>	Ormetelg	1,00	0,10	0,32	0,032
	<i>Equisetum sylvaticum</i>	Skogsnelle	0,86	0,15	0,36	0,014
	<i>Festuca rubra</i>	Rødsvingel	1,00	0,10	0,32	0,029
	<i>Filipendula ulmaria</i>	Mjødurt	1,00	0,10	0,32	0,032
	<i>Geranium sylvaticum</i>	Skogstorkenebb*	0,84	0,70	0,76	0,001
	<i>Gymnocarpium dryopteris</i>	Fugletelg	0,79	0,70	0,75	0,001
	<i>Hypericum maculatum</i>	Firkantperikum	0,88	0,30	0,51	0,001
	<i>Linnaea borealis</i>	Linnea	0,86	0,45	0,62	0,001
	<i>Luzula pilosa</i>	Hårfrytle	0,91	0,80	0,86	0,001
	<i>Luzula sylvatica</i>	Storfrytle	0,91	0,40	0,60	0,001
	<i>Lycopodium annotinum</i>	Stri kråkefot	0,83	0,40	0,58	0,001
	<i>Maianthemum bifolium</i>	Maiblom	0,97	0,75	0,85	0,001
	<i>Melampyrum pratense</i>	Stormarimjelle	0,68	0,65	0,67	0,001
	<i>Melampyrum sylvaticum</i>	Småmarimjelle	0,92	0,40	0,61	0,001
	<i>Molinia caerulea</i>	Blåtopp	0,83	0,20	0,41	0,004
	<i>Oreopteris limbosperma</i>	Smørtelg	0,88	0,50	0,66	0,001
	<i>Orthilia secunda</i>	Nikkevintergrønn	0,94	0,40	0,61	0,001
	<i>Oxalis acetosella</i>	Gjøkesyre	0,83	0,45	0,61	0,001
	<i>Phegopteris connectilis</i>	Hengeving	0,88	0,65	0,76	0,001
	<i>Potentilla erecta</i>	Tepperot	0,83	0,60	0,70	0,001
	<i>Rhytidadelphus</i>	Kransmoseslekta	0,67	0,45	0,55	0,001
	<i>Rubus saxatilis</i>	Teiebær	0,86	0,15	0,36	0,011
	<i>Sorbus aucuparia</i>	Rogn	0,87	0,85	0,86	0,001
	<i>Succisa pratensis</i>	Blåknapp	0,88	0,30	0,51	0,001
	<i>Trientalis europaea</i>	Skogstjerne*	0,75	1,00	0,86	0,001
	<i>Veronica chamedrys</i>	Tveskjeggveronika	1,00	0,10	0,32	0,026
	<i>Veronica officinalis</i>	Legeveronika	1,00	0,35	0,59	0,001
	<i>Viola riviniana</i>	Skogfiol	0,86	0,25	0,46	0,001

*observert i alle fjell

Tabell 2. Korrelasjonskoeffisienter som viser assosiasjoner mellom arters utbredelse (0/1) og 1) Temperatur vekstsesong; 2) Graddager, 3) Temperatur vinter; 4) Oppstart vekstsesong; 5) Lengde vekstsesong; 6) Fuktighet / Temperatursvingninger; 7) Vegetasjonstyper; 8) Vegetasjonssoner. For mikroklima (1-6): «point biserial» korrelasjonskoeffisienter. For Vegetasjonstype og vegetasjonssone (7 og 8): intraklasse korrelasjonskoeffisienter (ICC). (Artene er observert i alle seks GLORIA Norge fjell. Fet skrift: signifikante assosiasjoner; for mikroklima: $p < 0,05$; for vegetasjonstyper og -soner: variasjon mellom typene > variasjon innad i typene.

Arter		1)	2)	3)	4)	5)	6)	7)	8)
<i>Agrostis mertensii</i>	fjellkvein	0.19	-0.14	0.16	0.28	-0.23	0.34	0,22	0,08
<i>Arctostaphylos alpinus</i>	rypebær	-0.07	0.00	0.07	-0.05	0.05	-0.22	0,10	0,18
<i>Avenella flexuosa</i>	smyle	0.24	0.15	0.42	0.04	0.12	0.04	0,14	0,44
<i>Bartsia alpina</i>	svarttopp	0.09	-0.14	0.06	0.19	-0.18	0.16	-0,01	0,01
<i>Bistorta vivipara</i>	harerug	0.17	0.02	0.15	0.06	-0.03	0.01	0,02	0,11
<i>Carex bigelowii</i>	stivstarr	0.06	-0.12	0.19	0.15	-0.15	0.08	0,40	0,45
<i>Carex vaginata</i>	slirestarr	0.20	0.29	0.22	-0.18	0.27	-0.19	0,11	0,05
<i>Deschampsia cespitosa</i>	sølvbunke	0.06	0.32	0.15	-0.29	0.36	-0.23	0,16	0,12
<i>Diapensia lapponica</i>	fjellpyrd	-0.24	-0.22	-0.24	0.04	-0.16	-0.07	0,02	0,01
<i>Diphasiastrum alpinum</i>	fjelljamne	0.17	-0.08	0.07	0.17	-0.15	0.28	0,15	0,11
<i>Empetrum nigrum</i>	kekling	0.17	0.04	0.39	0.09	0.03	-0.07	0,24	0,66
<i>Festuca vivipara</i>	geitsvingel	0.08	0.00	-0.15	-0.03	-0.01	-0.08	0,06	0,05
<i>Geranium sylvaticum</i>	skogstorkenebb	0.15	0.55	0.26	-0.46	0.58	-0.39	0,51	0,54
<i>Harrimanella hypnoides</i>	moselyng	0.25	-0.16	0.20	0.39	-0.27	0.39	0,24	0,10
<i>Juncus trifidus</i>	rabbesiv	0.02	-0.29	0.04	0.34	-0.33	0.21	0,41	0,48
<i>Juniperus communis</i>	einer	0.14	0.25	0.04	-0.25	0.22	-0.12	0,07	0,09
<i>Loiseleuria procumbens</i>	greplyng	0.04	-0.16	0.21	0.27	-0.18	0.18	0,22	0,38
<i>Luzula spicata</i>	aksfrytle	0.02	-0.14	-0.05	0.16	-0.17	0.13	0,12	0,27
<i>Omalotheca supina</i>	dverggråurt	0.15	-0.27	0.04	0.40	-0.37	0.54	0,34	0,10
<i>Phyllodoce caerulea</i>	blålyng	0.23	-0.05	0.24	0.23	-0.11	0.21	0,17	0,24
<i>Pyrola minor</i>	perlevintergrønn	0.18	0.15	0.26	-0.03	0.13	0.06	0,08	0,10
<i>Ranunculus acris</i>	engsoleie	0.04	0.03	0.11	0.04	0.04	0.00	0,00	0,00
<i>Salix glauca</i>	sølvvier	0.11	0.04	0.33	0.12	0.03	-0.05	0,08	0,27
<i>Salix herbacea</i>	musøre	-0.02	-0.51	-0.21	0.54	-0.61	0.67	0,46	0,54
<i>Saussurea alpina</i>	fjelltistel	0.13	0.09	0.13	-0.05	0.06	-0.12	0,09	0,12
<i>Selaginella selaginoides</i>	dvergjamne	0.07	-0.13	0.00	0.15	-0.18	0.08	0,00	0,04
<i>Sibbaldia procumbens</i>	trefingerurt	0.19	-0.29	0.05	0.47	-0.41	0.59	0,35	0,13
<i>Silene acaulis</i>	fjellsmelle	-0.25	-0.30	-0.38	0.14	-0.29	0.11	0,13	0,40
<i>Solidago virgaurea</i>	gullris	0.26	0.08	0.31	0.05	0.03	0.15	0,02	0,22
<i>Thalictrum alpinum</i>	fjellfrøstjerne	0.12	-0.01	-0.10	0.02	-0.05	0.05	0,06	0,08
<i>Trientalis europaea</i>	skogstjerne	0.17	0.51	0.29	-0.39	0.54	-0.34	0,62	0,66
<i>Vaccinium myrtillus</i>	blåbær	0.42	0.31	0.51	-0.08	0.25	-0.06	0,16	0,50
<i>Vaccinium uliginosum</i>	blokkebær	0.23	0.07	0.26	0.06	0.02	0.08	0,10	0,37
<i>Vaccinium vitis-idaea</i>	tyttebær	0.02	0.26	0.18	-0.26	0.31	-0.42	0,34	0,13

Tabell 3a. Test av relasjon mellom arters utbredelse (0/1 data) og vegetasjonstype. Artene er observert i alle seks GLORIA Norge fjell. Fet skrift: signifikante relasjoner. Chi square (χ^2) og p-verdi basert på log likelihood tester av lineære modeller.

Arter		Sone		Vegetasjonstype	
		χ^2	p	χ^2	p
<i>Agrostis mertensii</i>	fjellkvein	12,715	0,005	23,137	0,000
<i>Arctostaphylos alpinus</i>	rypebær	21,381	0,000	8,654	0,034
<i>Avenella flexuosa</i>	smyle	43,824	0,000	20,466	0,000
<i>Bartsia alpina</i>	svarttopp	6,438	0,092	3,175	0,365
<i>Bistorta vivipara</i>	harerug	9,101	0,028	2,037	0,565
<i>Carex bigelowii</i>	stivstarr	25,943	0,000	5,413	0,144
<i>Carex vaginata</i>	slirestarr	9,602	0,022	13,225	0,004
<i>Deschampsia cespitosa</i>	sølvbunke	10,906	0,012	13,866	0,003
<i>Diapensia lapponica</i>	fjellpryd	5,660	0,129	5,715	0,126
<i>Diphasiastrum alpinum</i>	fjelljamne	NA	NA	11,736	0,008
<i>Empetrum nigrum</i>	kekling	66,574	0,000	2,477	0,480
<i>Festuca vivipara</i>	geitsvingel	8,781	0,032	8,880	0,031
<i>Geranium sylvaticum</i>	skogstorkenebb	NA	NA	12,056	0,007
<i>Harrimanella hypnoides</i>	moselyng	15,319	0,002	26,078	0,000
<i>Juncus trifidus</i>	rabbesiv	35,024	0,000	9,060	0,029
<i>Juniperus communis</i>	einer	18,346	0,000	8,140	0,043
<i>Loiseleuria procumbens</i>	greplyng	47,648	0,000	7,910	0,048
<i>Luzula spicata</i>	aksfrytle	20,572	0,000	8,006	0,046
<i>Omalothea supina</i>	dverggråurt	15,903	0,001	37,688	0,000
<i>Phyllodoce caerulea</i>	blålyng	24,482	0,000	8,475	0,037
<i>Pyrola minor</i>	perlevintergrønn	15,701	0,001	8,324	0,040
<i>Ranunculus acris</i>	engsoleie	NA	NA	3,305	0,347
<i>Salix glauca</i>	sølvvier	28,672	0,000	2,517	0,472
<i>Salix herbacea</i>	musøre	42,956	0,000	8,982	0,030
<i>Saussurea alpina</i>	fjelltistel	11,168	0,011	7,475	0,058
<i>Selaginella selaginoides</i>	dvergjamne	NA	NA	3,325	0,344
<i>Sibbaldia procumbens</i>	trefingerurt	19,166	0,000	36,163	0,000
<i>Silene acaulis</i>	fjellsmelle	40,373	0,000	7,200	0,066
<i>Solidago virgaurea</i>	gullris	25,025	0,000	6,879	0,076
<i>Thalictrum alpinum</i>	fjellfrøstjerne	10,442	0,015	7,608	0,055
<i>Trientalis europaea</i>	skogstjerne	NA	NA	10,239	0,017
<i>Vaccinium myrtillus</i>	blåbær	49,461	0,000	5,704	0,127
<i>Vaccinium uliginosum</i>	blokkebær	41,172	0,000	3,498	0,321
<i>Vaccinium vitis-idaea</i>	tyttebær	13,728	0,003	30,041	0,000

Tabell 3b. Test av relasjon mellom arters utbredelse (0/1) og mikroklima. Artene er observert i alle seks GLORIA Norge fjell. Fet skrift: signifikante ralsjoner. Chi square (χ^2) og p-verdi basert på log likelihood tester av lineære modeller.

Arter		Temperatur vekstsesong		Graddager		Temperatur vinter	
		χ^2	p	χ^2	p	χ^2	p
<i>Agrostis mertensii</i>	fjellkvein	1,295	0,255	6,982	0,008	0,383	0,536
<i>Arctostaphylos alpinus</i>	rypebær	0,010	0,922	0,470	0,493	2,112	0,146
<i>Avenella flexuosa</i>	smyle	7,104	0,008	5,162	0,023	18,938	0,000
<i>Bartsia alpina</i>	svarttopp	1,996	0,158	0,015	0,902	1,649	0,199
<i>Bistorta vivipara</i>	harerug	0,922	0,337	1,181	0,277	0,288	0,591
<i>Carex bigelowii</i>	stivstarr	0,035	0,852	2,326	0,127	1,644	0,200
<i>Carex vaginata</i>	slirestarr	2,050	0,152	2,725	0,099	2,526	0,112
<i>Deschampsia cespitosa</i>	sølvbunke	1,737	0,188	13,131	0,000	5,250	0,022
<i>Diapensia lapponica</i>	fjellpyrd	1,858	0,173	0,589	0,443	1,029	0,310
<i>Diphasiastrum alpinum</i>	fjelljamne	0,536	0,464	2,024	0,155	0,034	0,854
<i>Empetrum nigrum</i>	kekling	0,431	0,512	1,258	0,262	7,956	0,005
<i>Festuca vivipara</i>	geitsvingel	0,874	0,350	0,069	0,792	0,349	0,555
<i>Geranium sylvaticum</i>	skogstorkenebb	3,828	0,050	28,745	0,000	20,087	0,000
<i>Harrimanella hypnoides</i>	moselyng	2,637	0,104	7,869	0,005	0,888	0,346
<i>Juncus trifidus</i>	rabbesiv	0,022	0,883	8,835	0,003	0,007	0,934
<i>Juniperus communis</i>	einer	2,456	0,117	6,380	0,012	0,578	0,447
<i>Loiseleuria procumbens</i>	greplyng	0,010	0,921	2,677	0,102	2,015	0,156
<i>Luzula spicata</i>	aksfrytle	0,048	0,826	3,945	0,047	0,898	0,343
<i>Omalotheca supina</i>	dverggråurt	0,433	0,510	13,984	0,000	0,789	0,375
<i>Phyllodoce caerulea</i>	blålyng	2,697	0,101	2,714	0,099	2,461	0,117
<i>Pyrola minor</i>	perlevintergrønn	1,735	0,188	0,485	0,486	3,762	0,052
<i>Ranunculus acris</i>	engsoleie	0,494	0,482	0,504	0,478	1,721	0,190
<i>Salix glauca</i>	sølvvier	0,083	0,773	0,139	0,709	3,764	0,052
<i>Salix herbacea</i>	musøre	0,187	0,666	25,475	0,000	5,486	0,019
<i>Saussurea alpina</i>	fjelltistel	0,008	0,927	0,379	0,538	0,009	0,924
<i>Selaginella selaginoides</i>	dvergjamne	1,458	0,227	0,002	0,964	0,640	0,424
<i>Sibbaldia procumbens</i>	trefingerurt	0,678	0,410	13,747	0,000	0,697	0,404
<i>Silene acaulis</i>	fjellsmelle	9,797	0,002	17,106	0,000	16,973	0,000
<i>Solidago virgaurea</i>	gullris	4,623	0,032	0,708	0,400	5,424	0,020
<i>Thalictrum alpinum</i>	fjellfrøstjerne	0,184	0,668	0,715	0,398	2,749	0,097
<i>Trientalis europaea</i>	skogstjerne	4,819	0,028	28,619	0,000	15,525	0,000
<i>Vaccinium myrtillus</i>	blåbær	19,118	0,000	15,808	0,000	26,803	0,000
<i>Vaccinium uliginosum</i>	blokkebær	5,861	0,015	1,286	0,257	6,898	0,009
<i>Vaccinium vitis-idaea</i>	tyttebær	0,000	0,997	3,815	0,051	1,407	0,236

Tabell 3c. Test av relasjon mellom arters utbredelse (0/1) og mikroklima. Artene er observert i alle seks GLORIA Norge fjell. Fet skrift: signifikante relasjoner. Chi square (χ^2) og p-verdi basert på log likelihood tester av lineære modeller.

Arter		Oppstart vekstsesong		Lengde vekstsesong		Fuktighet / Temperatursvingninger	
		χ^2	p	χ^2	p	χ^2	p
<i>Agrostis mertensii</i>	fjellkvein	12,415	0,000	10,762	0,001	12,027	0,001
<i>Arctostaphylos alpinus</i>	rypebær	1,075	0,300	0,908	0,341	4,922	0,027
<i>Avenella flexuosa</i>	smyle	0,005	0,946	3,507	0,061	0,007	0,931
<i>Bartsia alpina</i>	svarttopp	0,517	0,472	0,061	0,804	0,767	0,381
<i>Bistorta vivipara</i>	harerug	2,027	0,155	1,958	0,162	0,191	0,662
<i>Carex bigelowii</i>	stivstarr	2,857	0,091	2,830	0,093	0,727	0,394
<i>Carex vaginata</i>	slirestarr	1,688	0,194	2,368	0,124	2,332	0,127
<i>Deschampsia cespitosa</i>	sølvbunke	11,077	0,001	15,012	0,000	7,927	0,005
<i>Diapensia lapponica</i>	fjellpyrd	0,097	0,756	0,184	0,668	0,716	0,397
<i>Diphasiastrum alpinum</i>	fjelljamne	3,878	0,049	3,522	0,061	7,671	0,006
<i>Empetrum nigrum</i>	kekling	3,263	0,071	1,375	0,241	0,004	0,950
<i>Festuca vivipara</i>	geitsvingel	0,325	0,568	0,021	0,885	0,507	0,477
<i>Geranium sylvaticum</i>	skogstorkenebb	25,244	0,000	31,198	0,000	18,687	0,000
<i>Harrimanella hypnoides</i>	moselyng	21,142	0,000	13,373	0,000	16,281	0,000
<i>Juncus trifidus</i>	rabbesiv	11,968	0,001	10,061	0,002	3,933	0,047
<i>Juniperus communis</i>	einer	6,008	0,014	5,668	0,017	2,433	0,119
<i>Loiseleuria procumbens</i>	greplyng	5,974	0,015	3,374	0,066	3,525	0,060
<i>Luzula spicata</i>	aksfrytle	3,752	0,053	4,681	0,030	2,033	0,154
<i>Omalothea supina</i>	dverggråurt	21,450	0,000	21,455	0,000	30,191	0,000
<i>Phyllodoce caerulea</i>	blålyng	7,214	0,007	4,534	0,033	5,802	0,016
<i>Pyrola minor</i>	perlevintergrønn	0,012	0,913	0,357	0,550	0,556	0,456
<i>Ranunculus acris</i>	engsoleie	0,014	0,906	0,543	0,461	0,046	0,830
<i>Salix glauca</i>	sølvvier	2,149	0,143	0,197	0,657	0,009	0,925
<i>Salix herbacea</i>	musøre	32,233	0,000	33,748	0,000	39,253	0,000
<i>Saussurea alpina</i>	fjelltistel	0,250	0,617	0,593	0,441	0,208	0,649
<i>Selaginella selaginoides</i>	dvergjamne	0,242	0,623	0,100	0,752	0,068	0,794
<i>Sibbaldia procumbens</i>	trefingerurt	27,798	0,000	22,196	0,000	36,184	0,000
<i>Silene acaulis</i>	fjellsmelle	4,837	0,028	15,451	0,000	2,051	0,152
<i>Solidago virgaurea</i>	gullris	0,071	0,789	0,323	0,570	1,043	0,307
<i>Thalictrum alpinum</i>	fjellfrøstjerne	0,635	0,426	1,251	0,263	0,406	0,524
<i>Trientalis europaea</i>	skogstjerne	19,823	0,000	29,899	0,000	12,012	0,001
<i>Vaccinium myrtillus</i>	blåbær	1,639	0,200	9,725	0,002	0,610	0,435
<i>Vaccinium uliginosum</i>	blokkebær	0,017	0,896	0,666	0,414	0,139	0,710
<i>Vaccinium vitis-idaea</i>	tyttebær	4,455	0,035	5,724	0,017	14,247	0,000

NOTATER

Norsk institutt for bioøkonomi (NIBIO) ble opprettet 1. juli 2015 som en fusjon av Bioforsk, Norsk institutt for landbruksøkonomisk forskning (NILF) og Norsk institutt for skog og landskap.

Bioøkonomi baserer seg på utnyttelse og forvaltning av biologiske ressurser fra jord og hav, fremfor en fossil økonomi som er basert på kull, olje og gass. NIBIO skal være nasjonalt ledende for utvikling av kunnskap om bioøkonomi.

Gjennom forskning og kunnskapsproduksjon skal instituttet bidra til matsikkerhet, bærekraftig ressursforvaltning, innovasjon og verdiskaping innenfor verdikjedene for mat, skog og andre biobaserte næringer. Instituttet skal levere forskning, forvaltningsstøtte og kunnskap til anvendelse i nasjonal beredskap, forvaltning, næringsliv og samfunnet for øvrig.

NIBIO er eid av Landbruks- og matdepartementet som et forvaltningsorgan med særskilte fullmakter og eget styre. Hovedkontoret er på Ås. Instituttet har flere regionale enheter og et avdelingskontor i Oslo.